KUWAIT GEOGRAPHICAL SOCIETY

كلية الآداب
جامعة الكويت

رسائل جغرافية

الكثبان الرملية
غرب وجنوب سلطنة عمان
(رمال الربع الخالي)
دراسة جيمورفولوجية

د. أحمد عبد السلام علي

رمضان ١٤٢٢ هـ
ديسمبر ٢٠٠١ م

٢٥٩

دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

الاشتراكات

في الكويت	خارج الكويت
للمؤسسات ١٢ دينارا كويتيا (سنويا)	للمؤسسات ١٥ دينارا كويتيا (سنويا)
للأفراد ٦ دنانير كويتية (سنويا)	للأفراد ٧,٥ دينار كويتي (سنويا)

الجمعية الجغرافية الكويتية

ص.ب: ١٧٠٥١ الكويت الخالدية الرمز البريدي 72451

رسائل جغرافية
٢٥٩

الكثبان الرملية

غرب وجنوب سلطنة عُمان
(رمال الربع الخالي)

دراسة جيومورفولوجية

د. أحمد عبد السلام علي
مدرس الجغرافيا الطبيعية والخرائط
بجامعتي السلطان قابوس والمنوفية

رمضان ١٤٢٢هـ
ديسمبر ٢٠٠١م

طبعت بدعم كريم من مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

بسم الله الرحمن الرحيم

الكثبان الرملية

غرب وجنوب سلطنة عمان

(رمال الربع الخالي)

دراسة جيمورفولوجية

د. أحمد عبد السلام علي

مقدمة

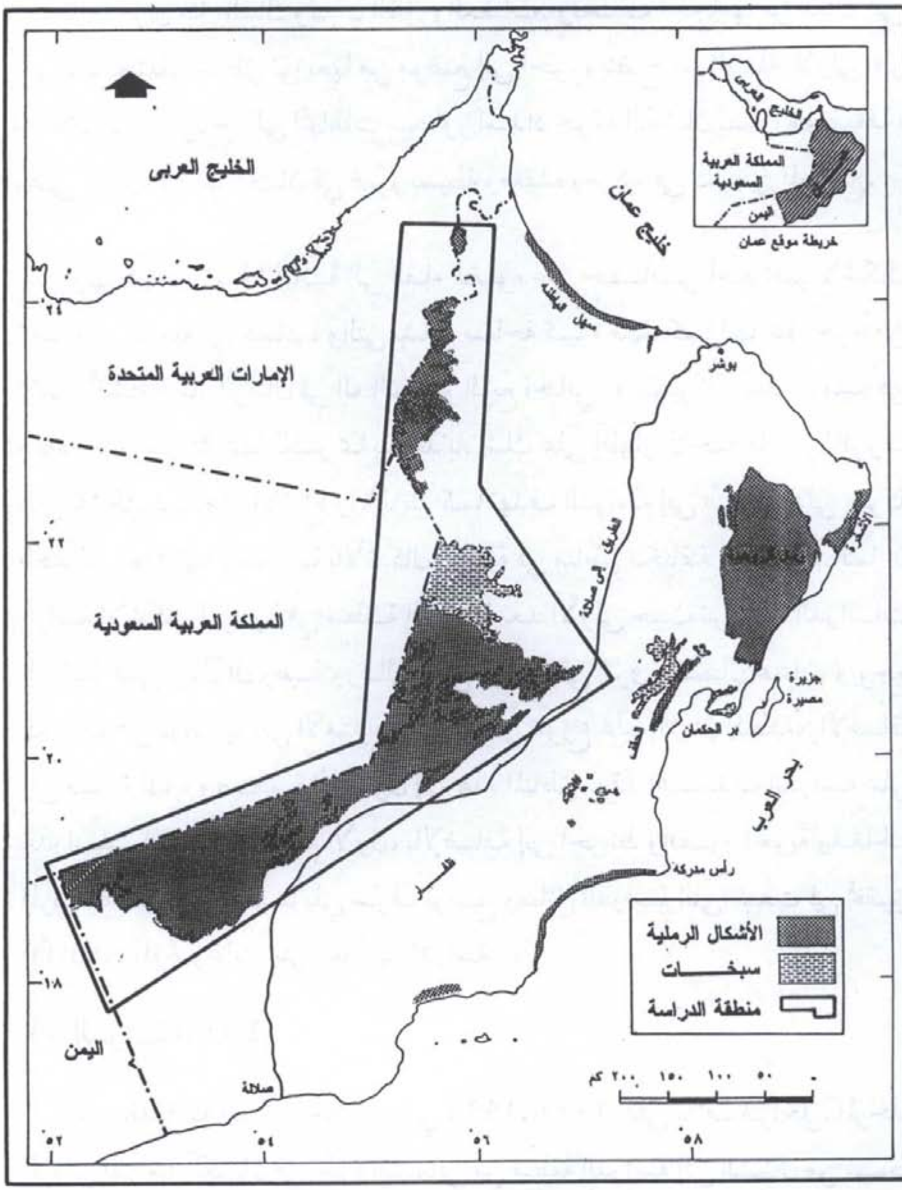
تمتد الكثبان الرملية على طول الحدود الغربية والجنوبية الغربية لسلطنة عمان لمسافة تقدر بحوالي ١٠٠٠كم بين عمان وكل من المملكة العربية والسعودية ودولة الإمارات العربية المتحدة من جهة الغرب، وبين عمان واليمن من الجهة الجنوبية الغربية. وتمتد الكثبان في منطقة الدراسة في ثلاث مناطق إدارية هي من الشمال إلى الجنوب الظاهرة والوسطى والجنوبية . وتغطى الرمال مساحة تقدر بحوالي ٥١٠٠٠ كم٢، وتبلغ نسبة المساحة التى تغطيها رمال المنطقة بحوالي ٦, ١٦٪ من مساحة عمان . كما تمثل نسبة المساحة التى تغطيها رمال منطقة الدراسة حوالي ٨٠٪ من إجمالي المساحة التى تغطيها الرمال في عمان. وتمثل رمال منطقة الدراسة جزءاً من بحر رمال الربع الخالي الذي يغطى الجزء الأكبر من شرق وجنوب شرق الجزيرة العربية، وتبلغ نسبة مساحة رمال منطقة الدراسة حوالي ٢, ٩٪ من رمال الربع

الخالي. ويعتبر بحر رمال الربع الخالي من أعظم بحار الرمال في العالم. وتبلغ مساحته حوالي ٥٦٠٠٠٠ كم٢. ويبلغ أقصى امتداد للكثبان الرملية من الحدود الغربية داخل الأراضي العمانية حوالي ١٧٥ كم فى الجزء الواقع إلى الجنوب من سبخة أم السميم، ويوضح الشكل (١) موقع منطقة الدراسة بالنسبة لرمال الربع الخالي، كما يوضح الشكل (٢) موقع رمال المنطقة وتوزيع الرمال فى كل عمان.

وتتميز رمال منطقة الدراسة بتنوع كثبانها واختلاف أنماطها وأحجامها، وكذلك اتجاهاتها، ويمكن القول بأن معظم أنواع الكثبان تظهر في منطقة الدراسة مثل الكثبان



شكل (١) توزيع الأشكال الرملية في شبه الجزيرة العربية وموقع منطقة الدراسة



شكل (٢) توزيع الأشكال الرملية في عمان وموقع منطقة الدراسة

الطولية والنجمية والهلالية والقبابية، بالإضافة إلى الأشكال الدقيقة من تموجات وأشكال أخرى مثل النباك وكثبان الظل والعقبات. وتختلف أحجامها من مكان إلى آخر كما تختلف مناطق توزيعها من موضع إلى آخر. ويتضح من الوهلة الأولى أثر اختلاف نظم الرياح على اتجاهات محاور امتداد حركة الكثبان بصورة واضحة، وعلى أنماطها فتظهر الكثبان في صور بسيطة ومعقدة ومركبة في كثير من المواضع.

وتهدف الدراسة الحالية إلى إلقاء الضوء على خصائص أحد أهم الأشكال الجيمورفولوجية في عمان ، والتى تشغل مساحة كبيرة منها. كما أنها تمثل جزءاً من أكبر وأنشط بحار الرمال في العالم وهو الربع الخالي. وتتميز الكثبان الرملية في منطقة الدراسة بتنوعها الكبير مما يساعد بلا شك على إظهار الاختلافات والظروف التى تتشكل فيها هذه الأنواع والأنماط. كما تهدف الدراسة إلى التعرف على حركة الكثبان واتجاهاتها ومقارنتها بالأشكال الرملية في مناطق مختلفة من العالم. كما أن دراسة الأشكال الرملية في منطقة الدراسة تعد الأولى حيث تركزت الدراسات السابقة على رمال آل وهيبة ورمال سهل الباطنة في شرق وشمال عمان. ويرجع العزوف عن دراستها إلى الامتداد الكبير الذي تتوزع عليه كثبان المنطقة، بالإضافة إلى قسوة المناخ وصعوبة الوصول إلى هذه المناطق. وقد اعتمدت الدراسة على الدراسات الميدانية فى المقام الأول، بالإضافة إلى الخرائط والصور الجوية ومعالجة المرئيات الفضائية. وفيما يلي سوف نوضح وسائل الدراسة التى اتبعت في تحقيق أهدافها، والموضوعات التى تناولتها الدراسة.

أ - الدراسة الميدانية:

تمت الدراسة الميدانية خلال عامي ١٩٩٩، ٢٠٠٠ على ثلاث مراحل. المرحلة الأولى لدراسة الكثبان في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة إلى الشمال من سبخة أم السميم وعلى الحدود بين عمان ودولة الإمارات، والمرحلة الثانية لدراسة الكثبان

في الجزء الأوسط من منطقة الدراسة إلى الجنوب من سبخة أم السميم وحتى رملة مقشن، ثم المرحلة الثالثة لدراسة الكثبان في المنطقة الجنوبية حتى الحدود بين عمان واليمن، وقد تم خلال الدراسة الميدانية عمل الآتي:

- قياس معدلات الحركة لبعض الكثبان خاصة في القسم الشمالي وذلك بوضع بعض العلامات أمام الكثبان المختارة، إضافة إلى وضع علامات على أجزاء مختلفة منها لدراسة مواقع الإرساب والنحت التى تحدث على الكثبان.
- جمع ٤٦ عينة من رمال الكثبان من مواقع مختلفة وأنواع مختلفة من الكثبان لدراسة خصائصها والتعرف على مصادرها ومكوناتها.
- قياس سرعات الرياح واتجاهاتها في أوقات مختلفة وعلى أجزاء مختلفة من الكثبان بواسطة جهاز قياس سرعة الرياح (الأنيموميتر).
- قياس ١٥ قطاعا لسفوح الكثبان للتعرف على خصائصها المختلفة إلا أن ضخامة الكثبان ووجودها بصورة معقدة ومركبة حال دون عمل القطاعات في مواقع كثيرة من المنطقة.
- ملاحظة الاختلافات المكانية والتغيرات الدقيقة التى تطرأ على الكثبان عند قممها وأطرافها.

ب - التحليل المعملي:

اقتصرت الدراسة المعملية على استخلاص الخصائص الطبيعية لرمال الكثبان وقد تم تحليل العينات تحليلاً ميكانيكياً وكيميائياً: واستخدم المجهر الإلكتروني المساح في دراسة الظاهرات الدقيقة التى تكونت على أسطح حبات الرمال، بالإضافة إلى دراسة استدارة وكروية الرمال.

ج - الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية والصور الجوية والمرئيات الفضائية:

- خرائط سلطنة عمان مقياس ١/ ١٠٠٠٠٠ وقد استخدمت ٦٠ لوحة تغطى منطقة

منطقة الدراسة من أصل ١٣٧ لوحة تغطى كل عمان.

- خرائط سلطنة عمان مقياس ١/ ٢٥٠٠٠ .
- خريطة عمان مقياس ١/ ١٣٠٠٠٠٠ وقد استخدمت للملاحة البحرية.
- خريطة شبه الجزيرة العربية مقياس ١/ ٣٠٠٠٠٠٠ .
- خرائط عمان الجيولوجية مقياس ١ / ١٠٠٠٠٠٠ ، مقياس ١ / ٢٥٠٠٠٠ .
- المرئيات الفضائية TMللقمر الصناعي الأمريكي لاندسات.
- الصور الجوية لسلطنة عمان مقياس ١ / ٢٠٠٠٠ (فى منطقتى فهود والبريمى).

د - موضوعات الدراسة:

أولاً : دراسة الظروف الطبيعية لمنطقة الدراسة من حيث جيولوجيتها وبنيتها وتضاريس سطحها وظروف مناخها.

ثانياً : توزيع الكثبان الرملية مكانياً وكثافتها والعوامل المؤثرة عليها.

ثالثاً : الخصائص المورفولوجية والمورفومترية للكثبان والتعرف على أنواعها وأنماطها وتحليل ابعادها.

رابعاً : الخصائص الطبيعية والمجهرية والعناصر الكيميائية لرمال الكثبان ومصادرها.

أولاً : الظروف الطبيعية للجزء الغربي من عمان

أ - مورفولوجية السطح غرب عمان:

يتميز السطح في عمان بوجود ارتفاعات كبيرة في الشمال والجنوب فجبال الحجر الغربي والشرقي فى الشمال، وجبال ظفار في الجنوب، ويتوسطها فيما بين الشمال والجنوب سهول مترامية الأطراف تختلف فيما بينها من حيث الخصائص وعوامل تكوينها، كما تنتشر أنواع مختلفة من الأشكال الرملية على هذه السهول خاصة الحدود الغربية التى تمتد عليها كثبان الربع الخالي.

وتتميز خصائص السطح في غرب عمان بسيادة الكثبان الرملية بأنواعها المختلفة تحدها من جهة الشرق السهول الفسيحة التى ينتشر على سطحها بعض التلال المنخفضة الارتفاع التى تتميز قممها بأنها محدبة أحياناً ومستوية في أحيان أخرى، كما تقطع هذه السهول الأودية التى تنتهي بمراوح فيضية تصب جميعها بالقرب من الكثبان. وتتوزع الكثبان في حوض ضخم يشغل الجزء الشرقي من شبه الجزيرة العربية وتتوسطه سبخة أم السميم وامتدادها ، ويوضح الشكل (٣) خريطة الارتفاعات لغرب عمان، كما يمكن تمييز أشكال السطح التالية في منطقة الدراسة:

١ - السهول الشمالية الداخلية الرسوبية:

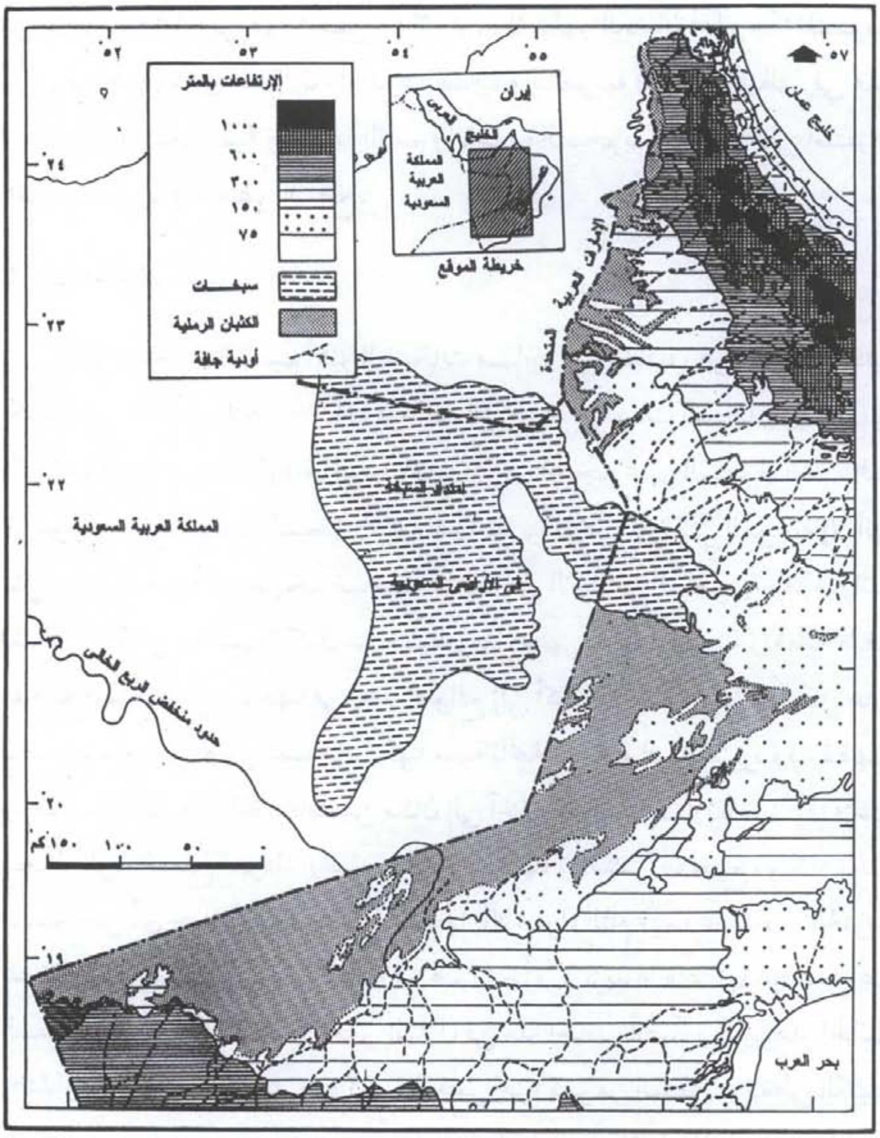
تحيط هذه السهول بجبال الحجر الغربي والشرقي في شمال عمان من الجهة الغربية والجنوبية الغربية، وتمتد في اتجاه شمالي جنوبي تفصل بين الكثبان من الجهة الغربية وجبال الحجر من الجهة الشرقية ، وهى تمثل امتداداً للسهول الحصوية فى دولة الإمارات العربية المتحدة (أبو العينين ، ١٩٩٥)، وتتدرج هذه السهول بالانخفاض من أقدام الجبال من ارتفاعات ٦٠٠ متر حتى ١٥٠ متر فوق مستوى سطح البحر. وتتكون السهول من مجموعة مراوح فيضية لأودية كبيرة تنحدر من جبال الحجر متجهة إلى المنخفض الذي تحتله السبخات والكثبان، ومن هذه الأودية

العميرى وأسود وزواجتى والعين والحويل وضنك والفتح والسمينى وأجران وجفرا. وتتكون هذه المراوح من رواسب حصوية بصفة عامة مختلطة مع رواسب رملية وطمية.

٢ - الأرصفة الصحراوية:

يتميز وسط وجنوب عمان بامتداد أسطح صحراوية مستوية تغطيها الرواسب الحصوية وتزيل الرياح الرمال من سطحها، وتمثل هذه الأرصفة أحد عناصر سهول أقدام الجبال (أبو العينين، ١٩٩٥)، ويمكن تمييز نوعين من الأرصفة وهى: الأرصفة الشرقية وتمتد في وسط عمان حتى تصل إلى السهول الساحلية، بينما الأرصفة الغربية تقع إلى الغرب منها حتى نطاقات الكثبان. وتتميز الأرصفة الغربية باتساعها وانخفاض ارتفاعاتها في الجزء الأوسط من عمان عن ١٥٠ متر فوق مستوى سطح البحر، وتتدرج هذه الأرصفة بالانخفاض صوب سبخة أم السميم التى تحتل جزءاً من منخفض كبير، ويفسر وجود هذا المنخفض تراكم الجزء الأكبر من رمال الربع الخالي في شرق وجنوب الجزيرة العربية، ويمتد المنخفض صوب الشرق في اتجاه الساحل العماني في منطقة الحقف وبر الحكمان. وقد أثر ذلك المنخفض في توزيع الكثبان في داخل عمان حيث تمتد الكثبان في نفس الاتجاه في أقصى عرض لها داخل الأراضي العمانية.

ويتميز سطح الأرصفة الغربية بالتموج الخفيف تقطعه بعض الأودية مثل أودية مقشن وقتبيت، كما تنتشر بعض التلال الصغيرة مستوية ومحدبة القمم والأعمدة الصخرية المتبقية من تخفيض السطح . ويمتد المنخفض باتجاه الجنوب أيضا على طول الحدود العمانية السعودية، كما تمتد الكثبان إلى حد كبير مع حدود هذا المنخفض (شكل ٣)، ويطلق على هذه الأرصفة الصخرية في المنطقة الوسطى جدة الحراسيس. ويغطى سطح هذه السهول رواسب حصوية ورملية قليلة السمك وينتشر بها الجبس وتتميز بسحنتها السلفاتية.



شكل (٣) الخريطة التضاريسية لغرب وجنوب غرب عمان

وتختفي هذه الأرصفة بالاتجاه صوب الجنوب حيث يتدرج السطح في الارتفاع من منسوب ١٥٠ متر تقريباً حتى ٣٠٠ متر، ولا تظهر الكثبان أعلى هذا المنسوب سوى في جزء صغير عند التقاء الحدود العمانية والسعودية واليمنية. ويظهر في هذه المنطقة التلال المخروطية ومستوية القمم والأعمدة الصخرية التى تدل على استمرار عمليات التعرية وتخفيض السطح.

٣- سبخة أم السميم:

تعتبر سبخة أم السميم أكبر السبخات مساحة في عمان، وهى سبخة داخلية تكونت في المنخفض الكبير- كما ذكرنا من قبل- وقد استمدت السبخة رواسبها من الفيضانات وجريان الأودية المنحدرة من جبال الحجر عبر السهول الشمالية الرسوبية، وتبلغ مساحة السبخة ١٥٠٠ كم٢ تقريباً داخل الأراضي العمانية إلا أنها تمثل جزءاً صغيراً من سبخة ضخمة تمتد داخل الأراضي السعودية والإماراتية (شكل٣). وهى رواسب تتكون من خليط رملي تظهر به عقد ملحية وتغطيه طبقة ملحية صلبة يصل سمكها في بعض المواقع إلى أكثر من متر. كما تتشكل على سطحها مجموعة من المضلعات الهندسية ناتجة عن جفاف القشرة وتشققها، وتختلف أشكال هذه المضلعات من مكان إلى آخر ، كما تختلف ارتفاعات أضلاعها تبعاً لرطوبة السطح فتزداد ارتفاعا بزيادة جفافها والعكس صحيح، وتكاد تخلو السبخة من أي حياة نباتية، ويتميز سطحها بالاستواء التام فيما عدا الجهة الجنوبية الشرقية حيث تظهر بها بعض التلال في صورة جزر لا يزيد ارتفاعاتها عن ٤متر عن السطح المحيط بها، كما تحدها بعض التلال في هذا الجانب أيضاً، ويتميز هذا الجانب بانتشار تكوينات الجبس بصورة كبيرة ويغطى جزء كبير من السطح. وتغطى الكثبان الرملية الجزء الجنوبي من السبخة حيث تمتد الكثبان الهلالية والمتطورة عنها فوق القشرة الملحية وتتأثر بها كما سنوضح فيما بعد.

٤ - **الكثبان الرملية:**

تمثل الكثبان الرملية المظهر السائد في غرب عمان وسوف نرجع الحديث عن أنواع وخصائص الكثبان للجزء التالي من البحث.

ب - جيولوجية غرب عمان:

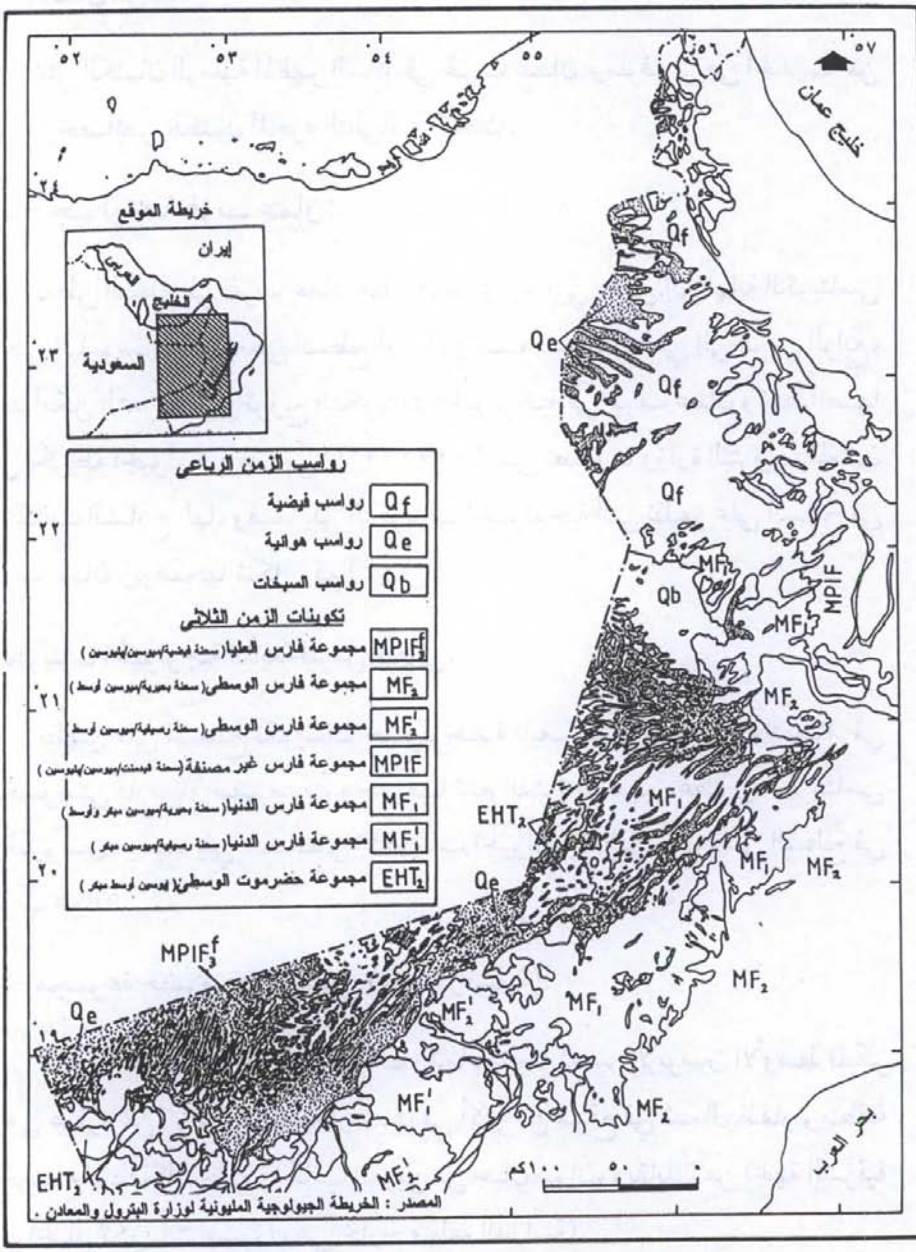
يغطى السطح في غرب عمان غطاء صخري رسوبي ينتمى إلى نهاية الكريتاسى وحتى البليوسين، كما يغطى السطح أيضاً رواسب سطحية تنتمي إلى الزمن الرابع، وقد أمكن التعرف على توزيع التكوينات الجيولوجية في غرب عمان وخصائصها من الخريطة الجيولوجية مقياس ١/ ١٠٠٠٠٠٠ التى تصدرها وزارة البترول والمعادن والكتاب الشارح لها، وفيما يلي التكوينات الجيولوجية التى تظهر على السطح في غرب عمان ويوضحها شكل رقم (٤).

التكوينات الجيولوجية التابعة للزمن الثلاثي:

يظهر على السطح تكوينات جيولوجية تابعة للزمن الثلاثي وتتمثل في مجموعتي فارس وحضرموت وجميعها تتبع الفترة فيما بين عصري الكريتاسى والبليوسين، وفيما يلي خصائص التكوينات الجيولوجية التى تظهر على السطح في غرب عمان:

١ - **مجموعة حضرموت الوسطى (سحنة رصيفية):**

تتكون هذه المجموعة من تكوينات الدمام التابعة لعصر الإيوسين الأوسط المبكر وهى عبارة عن رواسب بحرية أرسبت في أكثر من موقع في شمال ظفار ومنطقة الحقف والمنطقة الداخلية والجانب الغربي من جبال عمان، ويقابلها من الجهة الشرقية من الجبال تكوينات سيب (وهى خارج منطقة الدراسة).



شكل (٤) الخريطة الجيولوجية لغرب وجنوب غرب عمان

ويبلغ سمك تكوينات الدمام ٢٥٠ مترا تتوزع بشكل كبير في منطقة ظفار، وتتكون من ثلاثة أعضاء هي: عضو أندهور وعضو قاره وعضو عيون. ويختلف عضو أندهور في سمكه من مكان إلى آخر ويتكون من الطفل والمارل ويغطي هذه التكوينات عضو قاره وهي عبارة عن صخور من الحجر الجيري، بينما عضو العين يمثل وحدة الحجر الجيري العلوي والذي أرسب في ظروف بحرية مفتوحة ويحتوى على حفريات بحرية Nummulites. وتظهر تكوينات الدمام في المناطق الداخلية من عمان وتتميز بسمكها الضئيل حيث لا يزيد عن ٥٠ مترا وتمتد في اتجاه من الجنوب إلى الشمال الغربي، كما تتوزع على الجانب الغربي لجبال عمان وتمتد من فهود في الجنوب حتى جنوب جبل حفيت، وتختفي عن السطح في الشمال نتيجة لعمليات التعرية ، ويبلغ سمكها قرب ضنك حوالي ٢٠٠ متر، وتتكون من أربعة أعضاء، ويزداد سمك هذه الرواسب بالاتجاه شمالاً حتى يصل إلى ٦٠٠ متر.

٢ - مجموعة فارس الدنيا (سحنات السفوح والأرصفة):

تنتمي هذه التكوينات إلى الميوسين الأوسط المبكر وقد غمر هذا البحر الضحل من الخليج العربي الجزء الداخلي من عمان ومنطقة الربع الخالي مكوناً تكوينات الدام. وتتوزع تكوينات الدام في مساحة كبيرة في داخل عمان وتتكون من المارل والرواسب الكربوناتية وتقسم هذه التكوينات إلى ثلاثة أعضاء هي: عضو كسفه الأدنى ويبلغ سمكه حوالي ١٥ متر ، وعضو عربه الأوسط ، وعضو الحراسيس العلوي ويتراوح سمكه بين ١٥ - ٣٠ متر.

٣ - مجموعة فارس الدنيا (سحنة بحيرية):

تتكون هذه المجموعة من ثلاثة تكوينات هي: تكوين دوكه ويظهر على السطح في وادي قتبيت وقرب شصر وإلى الشمال من ظفار وإلى الجنوب الغربي من حدود تكوينات الدام وعلى الحدود الغربية لحوش- حقف، ويبلغ سمكها حوالي ٥٠ متر،

كما تنتمي أكثر المكاشف ظهوراً في الشمال إلى عضو جميم، وتظهر في الجنوب تكوينات نجد، بينما تكوينات الروميلى تظهر معزولة في وسط منطقة حوش-حقف.

٤ - **مجموعة فارس الوسطى (السحنة الرصيفية) :**

تتكون السحنة الرصيفية لمجموعة فارس الوسطى من ثلاثة تكوينات يظهر منها في الغرب على السطح تكوين خوبره، ويظهر على السطح فى الأراضي ما بين الكثبان الرملية، وتنتمي هذه التكوينات إلى الميوسين الأوسط الذي امتد غمره من الجنوب الشرقي حتى منطقة هيما وشمال مرمول وجنوب غابه. وتترسب هذه التكوينات على مجموعة فارس الدنيا بسطح عدم توافق، ويختلف سمك الرواسب بين ٧٠ متر في جنوب العجيز ، ٢٠ متر قرب هيما. وتتكون من حجر جيري بحري يحتوى على العديد من الحفريات والحجر الجيري والطباشيري.

٥ - **مجموعة فارس الوسطى (السحنة البحيرية):**

تتكون هذه المجموعة من ثلاثة تكوينات تقع إلى الشمال والغرب من تكوينات خوبره وهي: تكوينات منتصر وتظهر على السطح في شمال ظفار فيما بين شصر ومقشن وهي تتكون من الحجر الجيري ويبلغ سمكها أكثر من ١٠ متر، كما تظهر على السطح أيضاً الطبقات البحيرية من الحجر الجيري المعروفة بتكوين غابه حول منطقة الغبار ويبلغ سمكها حوالي ٢٠ متر، ويزداد سمكها بالاتجاه شمالا فيما يعرف بتكوينات بارزمان.

٦ - **مجموعة فارس العليا (السحنة الفيضية):**

تنتمي هذه المجموعة إلى عصري الميوسين والبليوسين وتظهر على السطح فيما بين الكثبان الرملية في جنوب غرب عمان ويميل لونها إلى اللون الأحمر ويسودها السحنة القارية، وتتكون من ثلاثة تكوينات هي:

- **تكوينات مرسودد:** تمثل الجزء الأكبر من تكوينات المجموعة ويتراوح سمكها بين ٨٠ - ١٠٠ متر، وتظهر على الهوامش الجنوبية للربع الخالي في صورة سهل فيضي ورواسب سبخية ورواسب ناعمة منقولة من الرصيف العربي وتتخللها طبقات من الحجر الجيري.

- **تكوينات شصر:** وتظهر على السطح في الجنوب بمنطقة شصر، ويبلغ سمكها بضعة عشرات من الأمتار وتتكون من الكنجولوميرات والحجر الجيري.

- **تكوين نار:** ويظهر على السطح على هوامش جبال ظفار وهى رواسب المراوح الفيضية وتتكون من الكنجولوميرات والحصى الخشن ويبلغ سمكها حوالي ١٠٠ متر .

٧ - مجموعة فارس غير المصنفة (سحنة البيدمنت):

أرسبت تكوينات هذه المجموعة فيما بين الميوسين والبليوسين، وتتوزع في شمال عمان على مساحات واسعة إلى الغرب والجنوب من جبال عمان. وهى تكوينات قارية تعرف بتكوينات برزمان، ويختلف سمك هذه التكوينات حيث يتراوح بين بضعة عشرات من الأمتار بالقرب من الجنوب الغربي حول منطقة جبال وغابه، بينما يزداد سمكها فيصل إلى أكثر من ١٠٠٠ متر على الجانب الغربي للجبال.

الرواسب السطحية التابعة للزمن الرباعي:

يظهر على السطح في الغرب ثلاثة أنواع من الرواسب هي:

١ - الرواسب الهوائية:

تنتشر الرواسب الهوائية على امتداد عمان باستثناء المناطق الجبلية في الشمال والجنوب، وتظهر الرواسب الهوائية في كل منطقة الدراسة وتتخللها صخور

الأساس التابعة للزمن الثلاثي سواء في الغرب أو الشمال الغربي. ومن المناطق المغطاة بكثافة بالرواسب الهوائية من الجنوب إلى الشمال رملة فسد وأم الحياة وأم ديسيس والسحمة والغربانيات ودهيث، وتظهر صخور الأساس متخللة الرواسب الهوائية في منطقة شجاج ومقشن والزولية وسبخة أم السميم والخوير، بينما في الجنوب تظهر الرواسب الهوائية تتخللها تكوينات مرسودد من الحجر الرملي الطيني التابع لمجموعة فارس العليا المكشوفة على السطح والتي يحتمل أن تكون هذه التكوينات أحد مصادر اشتقاق رمال الكثبان في هذه المنطقة ،وتنتشر الرواسب الهوائية في صور مختلفة من الكثبان الرملية كما سنرى في الجزء المتبقي من البحث.

٢ - رواسب السبخات :

هي رواسب رملية طميية تكثر بها المتبخرات خاصة الجبس، وتترسب في منخفضات مغلقة، ويتميز سطحها باللون البنى وتكثر بها الشقوق كما تغطيها طبقة ملحية يختلف سمكها من موقع لآخر، وتتكون السبخات تبعاً لدرجة التصريف وكيفية نشأة الأملاح. وتتوزع رواسب السبخات في موقعين هما:

- رواسب سبخة أم السميم وهى توجد في أحد المنخفضات ذات التصريف الداخلي وتستقبل مياه الجريان السطحي من جميع الاتجاهات، كما أنها تتغذى أيضاً على المياه الجوفية المالحة.

- رواسب السبخة في منتصر ومقشن ورملة أم ديسيس وهى سبخات تتكون في منخفضات داخلية صغيرة المساحة.

٣ - رواسب فيضية :

أرسبت هذه الرواسب في معظم عمان منذ عصر البليستوسين الأوسط حتى الوقت الحاضر وهى عبارة عن رواسب حصوية رملية طميية مختلفة الأحجام وتتكون من أربع أنواع من الرواسب:

- رواسب الأودية المتمثلة في المدرجات القديمة، والرواسب الحديثة المترسبة بفعل الجريان الحالي، وتتوزع هذه الرواسب في كل عمان ويمكن ملاحظتها في معظم الأودية.
- رواسب المراوح الغرينية المنتشرة في مخارج الأودية وتظهر بشكل واضح وتغطى مساحة كبيرة على الجانب الغربي لجبال عمان ومن أمثلتها المراوح الغرينية لأودية أسود والعميرى وآدم ونتيه وتنعم وبالقرب من فسد ومرمول وثمريت.
- رواسب البيدمنت المحيطة بالجبال العمانية ومنطقة الحقف.
- الرواسب الناعمة والحصوية في الأحواض الصغيرة المغلقة المنتشرة بصورة كبيرة إلى الجنوب من جدة الحراسيس.

ج - الخصائص المناخية :

تتميز دراسة الخصائص المناخية لغرب عمان بالصعوبة لعدم توافر محطات الأرصاد في المناطق الداخلية الصحراوية التى يمكن أن تعتمد عليها في الدراسة، بينما تتركز معظم المحطات على الساحل أو بالقرب منه حيث التركز العمراني. وتعتبر محطتي البريمى وفهود هما المحطتان الوحيدتان في وسط حقول الرمال داخل الأراضي العمانية. لذلك سوف نعتمد في تحليلنا للخصائص المناخية على هاتين المحطتين بالإضافة إلى بعض المحطات القريبة من منطقة الدراسة مثل محطات جعلونى وثمريت ومرمول وآدم في الأراضي العمانية ويبرين وسليل وأفلاج داخل الأراضي السعودية. وسوف نركز في هذا الجزء على سمات الرياح وما يتعلق باتجاهاتها وسرعاتها وذلك لما للرياح من تأثير مباشر على الكثبان وكونها العامل الرئيسي في تكوينها، إضافة إلى الإشارة إلى عاملي الحرارة والمطر والضغط في نفس المحطات السابقة. ولاختلاف أسلوب التسجيل في المحطات بين عمان والسعودية فقد رسمت وردات للرياح في محطات عمان لتوفر بيانات عن النسب المئوية لتكرار هبوب الرياح بينما في المحطات السعودية فقد سجل فقط في جدول اتجاهات الرياح

وسرعتها. ويمكن التعرف على أهم الخصائص المناخية في غرب عمان في النقاط التالية:

١ - الحرارة والمطر:

يمكن وصف المناخ في منطقة الدراسة بأنه صحراوي يتميز بارتفاع درجات الحرارة وشح الأمطار وتباين توزيعها، ومن تحليل البيانات في الجدول رقم (١) يمكن أن نلخص أهم خصائص الحرارة والمطر فيما يلي:

- ترتفع درجات الحرارة بوضوح في غرب عمان حيث يتراوح متوسط الحرارة العظمى بين ١ , ٣٤°س، ٣ , ٤٣° س، وتمثل فهود أكثر المحطات قرباً لمنطقة الدراسة ويبلغ متوسط الحرارة العظمى بها ٣ , ٤٣°س، ويتراوح متوسط الحرارة الدنيا في المنطقة بين ٢ , ١٢°س، ٤ , ١٧°س، كما يتراوح المتوسط الشهري للحرارة بين ٨ , ٢٥°س، ١ , ٢٩°س. ويتراوح المتوسط الشهري للحرارة في محطات السعودية أفلاج ويبرين وسليل بين ٤ , ٢٥°س، ٦ , ٢٦°س.

- يتميز تساقط الأمطار بالتباين الشديد حيث لا يحدث تساقط خلال عدة سنوات أو يكون بكميات قليلة ثم يحدث بصورة فجائية وغزيرة ويسبب الفيضانات أحياناً، وتتساقط الأمطار في غرب عمان في فصل الشتاء، ويتراوح متوسط كمية المطر السنوي بين ١٥ مم، ٢ , ٩٣ مم، كما يتراوح في محطات السعودية بين ٩ , ٢٩مم، ٦٥مم، وعلى الرغم من ذلك يمكن ملاحظة الكميات الكبيرة التى سجلت في هذه المحطات الصحراوية، حيث سجل في البريمى ٢٨٦مم في عام ١٩٩٦، وسجل في يبرين ٤ , ١٣٥مم في عام ١٩٨٣، كما سجل في مرمول ١٤٤مم في عام ١٩٩٥.

٢ - سمات الرياح:

تتأثر نظم الرياح في منطقة الدراسة بتوزع مناطق الضغط في كل من قارة آسيا

جدول (١) ملخص مناخي لبعض محطات الأرصاد في غرب عمان وجنوب السعودية

محطة الأرصاد	متوسط الحرارة الشهري	متوسط الحرارة العظمى	متوسط الحرارة الدنيا	متوسط كمية المطر السنوي	أكبر كمية مطر (مم)	عام أكبر كمية
البريمي	٢٧,٦	٤٢,٩	٩,٤	٩٣,٢	٢٨٦	١٩٩٦
فهود	٢٩,١	٤٣,٣	١٣,٨	٢٣,٧	٥٠,٢	١٩٩٢
جعلوني	٢٥,٨	٤١,٨	١٢,٨	–	–	–
مرمول	٢٧,٣	٤٣	١٣,٣	١٥	١٤٤	١٩٩٥
ثمريت	٢٦,١	٤٠	١٢,٢	٣٩,٣	١٣٠,٢	١٩٩٢
الأفلاج	٢٥,٤	٣٨,٩	١٥,٨	٦٥	١٣٨,٢	١٩٦٩
يبرين	٢٦	٣٤,١	١٧,٤	٤٢,٨	١٣٥,٤	١٩٨٣
سليل	٢٦,٦	٢٩,٣	١٨,٣	٢٩,٩	–	–

المصدر :

1- Kingdom of Saudi Arabia, 1991 Ministry of Agriculture |Water, Summary of Climatological Data, Hydrology Division

2- Sultanate of Oman, 1998 Ministry of Communication, Annual Climate Summary, Directorate General of Civil Aviation and Meteorology, Department of Meteorology

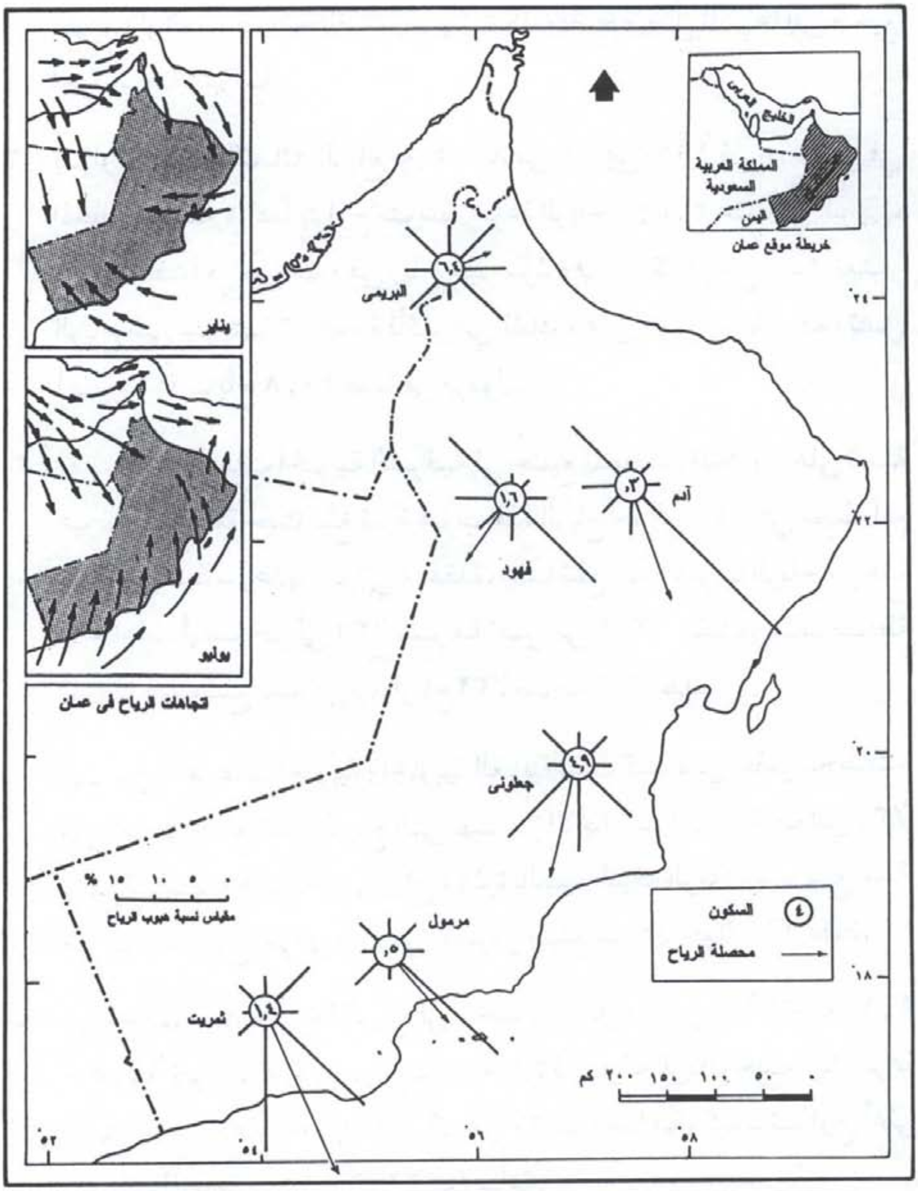
والمحيط الهندي والمحيط الأطلنطي ومنطقة حوض البحر المتوسط وتحركاتها خلال فصول السنة. ويؤدى اختلاف مناطق الضغط إلى اختلاف اتجاهات الرياح وسرعتها من فصل لآخر ومن مكان لآخر. ويمكن التعرف على خصائص اتجاهات الرياح وسرعتها من الجدول رقم (٢) الذي يوضح قراءات بعض محطات الأرصاد في غرب عمان أو بالقرب منها خلال الفترة من ١٩٨٠ - ١٩٩٨، كما يوضح الشكل (٥) وردات الرياح ومحصلتها في نفس المحطات، وفيما يلي هذه الخصائص:

جدول (٢) متوسطات النسب المئوية لاتجاهات الرياح وسرعاتها في الفترة بين ٩٣- ٩٨ في محطات غرب عمان.

المحطات / الاتجاهات	البريمى		فهود		آدم		جعلونى		مرمول		ثمريت	
	اتجاه %	متوسط السرعة عقدة	اتجاه %	متوسط السرعة عقدة	اتجاه %	متوسط السرعة عقدة	اتجاه %	متوسط السرعة عقدة	اتجاه %	متوسط السرعة عقدة	اتجاه %	متوسط السرعة عقدة
شمال	٦,٩	٥,٤	١,٤	٤,٥	٠,٨	٤,٤	٣,٩	٨,٣	٣,٨	٨	٤,٤	٧,٧
شمال شرق	١٣	٦,٥	١,٤	٥,٩	٢,٤	٧,٢	٥,١	٦,٦	٥,٥	٨	١١,٩	٧,٧
شرق	١١,٤	٦,٢	٥,٢	٥,٥	٢,٨	٥,٨	٤	٧,٣	٣,٦	٧,٢	٣,٣	٦,٧
جنوب شرق	١٥,٢	٥,٣	٢٧,٦	٧,٥	٥١,٢	٦,٧	١٥,٥	٨,٣	٣٥,٨	١٢,٢	٣٢,٢	٩,٦
جنوب	٤,٦	٤,٩	٦,٨	٧,١	٨,٨	٣,٨	١٩,٢	١١,١	٢,٨	٥,٤	٣٣,٦	١٥,٣
جنوب غرب	١٠,٤	٥,٨	٧,٥	٥,٥	٦	٣	٢٢,٧	٩,٨	٩	٧,٨	٥,٥	٦,٢
غرب	٧,٤	٣,٦	١٠,٣	٤,٤	٩,١	٨	٣,٧	٧,٤	٣,٢	٧,٩	١,٧	٧,٤
شمال غرب	١١,٩	٧	١٩,٣	٩,٤	١٨	٥,٢	٩,٤	٨,٤	٧,٢	٩,٧	٥,٤	٨
سكون	٦,٤	–	١,٦	–	٠,٣	–	٤,٩	–	٠,٥	–	–	–
متغير	٩	–	–	–	–	–	٠,٦	–	–	–	٢	–
الاتجاه السائد	٨٢,٥	–	١٢٠	–	١٢٠	–	١٩٥	–	١٥٠	–	١٨٠	–
متوسط السرعة	–	٥,٥	–	٧,٥	–	٦,١	–	٩,١	–	١٠,٥	–	١١,٤
متوسط أعلى سرعة	–	٤٨,٣	–	٤٧,٥	–	٥٥	–	٤٤,٣	–	٥٠,٨	–	٤٤,٧

المصدر :

1- Sultanate of Oman, 1998, Ministry of Communication, Annual Climate Sum mary, Directorate General of Civil Aviation and Meteorology, Department of Me teorology.



شكل (٥) وردات الرياح لبعض محطات الأرصاد الجوية القريبة من منطقة الدراسة

١ - تهب الرياح على منطقة الدراسة من جميع الاتجاهات وبنسب هبوب مختلفة على مدار العام، كما تختلف سرعتها بشكل واضح ويصل تأثيرها إلى جميع أجزاء منطقة الدراسة.

٢ - يتراوح الاتجاه السائد للرياح بين ٥ , ٨٢ْ فى البريمى، ١٩٥ْ فى جعلونى في المحطات المختارة، كما يتراوح متوسط سرعة الرياح بين ٥ , ٥ عقدة في البريمى، ٤ , ١١ عقدة في ثمريت وهى رياح غير مؤثرة في حركة الرياح حيث تعتبر الرياح التى سرعتها ١٢ عقدة فأكثر هي القادرة على حركة الرمال. كما تصل أعلى سرعة للرياح ٨ , ٥٠ عقدة في مرمول.

٣ - يهب من الاتجاهات الجنوبية الشرقية في جميع المحطات المختارة أعلى نسبة هبوب في المنطقة حيث تبلغ نسبة هبوب هذه الرياح حوالي ٥١ ٪ في محطة آدم ويبلغ متوسط سرعتها حوالي ٧ عقدة، بينما تبلغ نسبة هبوب الرياح من هذه الاتجاهات أيضا حوالي ٣٦٪ بسرعة تصل إلى ٢ , ١٢ عقدة، يليها محطة ثمريت حيث تبلغ نسبة هبوب الرياح ٣٢٪ بسرعة ٦ , ٩ عقدة.

٤ - يهب من الاتجاهات الجنوبية والجنوبية الغربية نسب كبيرة في بعض المحطات، ففي ثمريت تبلغ نسب الرياح التى تهب من الاتجاهات الجنوبية حوالي ٣٤٪ وتبلغ سرعتها ١٥ عقدة وهى رياح مؤثرة بالنسبة لحركة الرمال، كما تبلغ نسبة هبوب هذه الرياح حوالي ٢٠٪ في جعلونى وتبلغ سرعتها حوالي ١١ عقدة.

٥ - تتراوح متوسطات سرعة الرياح في محطات سليل ويبرين والأفلاج بين ١ , ٤ - ٣ , ١٢ كم/ ساعة وهى سرعات غير مؤثرة في حركة الرمال حيث تزيد سرعة الرياح القادرة على تحريك الرمال عن ٢٠ كم / ساعة، كما تتراوح أعلى سرعات للرياح بين ١٥ - ٦ , ٣٢ كم/ ساعة.

٦ - الرياح الشمالية الشرقية تمثل الرياح القوية في محطة سليل وهى في الغالب

رياح مؤثرة على حركة الرمال وهى تهب في جميع شهور السنة. كما تهب في نفس المحطة الرياح الجنوبية الشرقية في شهور أكتوبر ونوفمبر وديسمبر ويناير وفبراير ومارس وهى الرياح السائدة.

٧ - الرياح الشمالية وشمال الشمالية الغربية تمثل الرياح القوية في محطة يبرين، بينما الرياح السائدة تتراوح بين الشمالية الغربية والشمالية والجنوبية الشرقية.

٨ - الرياح الشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية والجنوبية تمثل الرياح القوية في محطة افلاج بينما تتراوح الرياح السائدة بين الغربية والجنوبية والشرقية وجنوبية شرقية، وتتميز الرياح في هذه المحطة بتغيرها بشكل كبير على مدار العام.

جدول (٣) متوسطات سرعة الرياح واتجاهاتها فى الفترة بين ٨٠ - ٩١ فى بعض محطات جنوب السعودية.

الشهر	محطة سليل			محطة يبرين			محطة الأفلاج		
	متوسط السرعة	أعلى السرعة	أتجاهات	متوسط السرعة	أعلى السرعة	أتجاهات	متوسط السرعة	أعلى السرعة	أتجاهات
يناير	٨,٢	٢٤,٢	ش ق،ج ق	٦,١	٢٤,٤	ش ، ش غ	٤,٢	١٩,٢	شش ق، ج
فبراير	١٢,٣	٢٣,٦	ش ق ج ق	٦,٨	٢٧,٦	شش غ ، ش ، ج	٥,١	١٩,٤	ج ق، شش ق، ج غ
مارس	٨,٩	٣٢,٦	ش ق ، ش،ج ق ،ج	٧,٣	٣١,١	ش ق، ش ، ج غ	٦,٤	٢٤,٢	ج ق، شش ق، ق
ابريل	٨,٧	٢٩,٨	ش ق، ج ق	٦,٥	٣٢,٢	ش ق ، غ ، ش غ	٥,٨	٢٧,٤	ج ق، شش ق، ق ، غ
مايو	٦,٧	٢٧,٨	ش ق، ق، ج ق	٦,١	٢٦,٦	شش غ، ش ق	٥,٨	٢١,٢	ج ق ، شش ق، ش غ، ق
يونيه	٥,٨	٢٦	ش ق	٧,٩	٢٧	شش غ، ش	٤,٥	١٧,٧	شش ق، ج غ، ج ق
يوليه	٦,٨	٢٦,٣	ش ق ، ق ، شش غ	٦,٩	٢٤	ش ق ، شش غ	٤,٧	١٨,٥	شش ق، شش غ
اغسطس	٦,٥	٢٦,٢	ش ق	٦,٢	٢٤,٥	ش ، شش غ	٤,٢	١٥	شش ق، ق
سبتمبر	٦,٣	٢٥,١	ش ق	٥,١	٢١,٧	ج غ، غ ، شش غ	٤,١	١٧,٣	شش ق، ق، ج ق
اكتوبر	٥,٥	٢٢,٤	ش ق، ج ق	٤,٣	٢١,١	ج ق، ج، شش غ	٣,٩	١٥,٧	ج ق، شش ق، ج
نوفمبر	٥,٤	٢٤,٩	ش ق ، ج ق	٥,٣	٢٤,٧	شش غ، ش	٤,٣	١٩,٢	ج ق، شش ق، ج
ديسمبر	٦,٤	٢٢,٢	ش ق، ج ق ، ق	٥,٣	٢٣,٥	ش ، ش غ	٣,٩	١٨,٧	ج ق، ج، ش ق

المصدر : '
1- Summary of Climatological Data, Hydrology Division Kingdom of Water, Saudi Arabia, 1991Ministry of Agriculture.

ثانياً : توزيع الكثبان الرملية فى غرب وجنوب غرب عمان

تهدف دراسة التوزيع الجغرافى للكثبان إلى التعرف على أهم خصائص توزيعها والاختلافات بين نطاقاتها وأخيراً التعرف على أهم العوامل التى تؤثر فى هذا التوزيع ، وتنقسم الدراسة إلى قسمين هما: التوزيع المكانى وتوزيع الكثافة، وفيما يلى سوف نتناول بالدراسة أهم ما يميز هذا التوزيع:

أ - التوزيع المكانى للكثبان:

توضح الخرائط والمرئيات الفضائية أن الكثبان فى غرب وجنوب غرب عمان تمتد بطول الحدود فى نطاق طولى يضيق أحياناً ويتسع فى أحيان أخرى، وتختفى الكثبان لمسافة ٣٠ كم تقريباً على الحدود فى منطقة جبال التى تقع الى الشمال من سبخة أم السميم. ويبلغ أقصى اتساع لنطاق الكثبان فى شكل رأس مثلث داخل سيح هيما وتعرف برملة ١ بن عنوز، كما يبلغ أقل اتساع لنطاق الكثبان حوالى ٢٠كم بالقرب من محضة فى شمال عمان. وتنقسم الكثبان الرملية فى منطقة الدراسة إلى ثلاثة نطاقات تختلف مساحاتها وأنواع الكثبان المنتشرة بها، ويوضح الشكل (٨) هذه النطاقات الثلاثة وسوف يستخدم هذا التقسيم فى كل الدراسة وهى:

- **النطاق الشمالى للكثبان:** يمتد على الحدود بين عمان ودولة الإمارات العربية المتحدة، وهو أقل النطاقات طولاً واتساعاً، وتمتد الكثبان فى هذا النطاق بطول ٢٥٠ كم تقريباً، واتساع لا يزيد عن ٦٠ كم. ويقع النطاق إلى الشمال من حقول بترول جبال ، وتتمثل كثبان النطاق فى رملة الخيلة وعرق الخطيرة وذليمة وطوى أم الزمول وعرق السليل ورملة دهيث. وتتكون كثبان هذا النطاق من الكثبان الطولية التى تتجه من الغرب من الأراضى الإماراتية إلى الشرق ومن غرب الشمال الغربى إلى شرق الجنوب الشرقى متجهة إلى سفوح جبال الحجر الغربى.

وتختلف أنماط الكثبان الطولية فى هذا النطاق فهى تتميز فى الشمال بأنها من الكثبان الطولية المتفرعة وذلك فى منطقة محضة وصفوان، بينما إلى الجنوب منها تتكون كثبان طولية معقدة تمثل امتداداً طولياً لاتظهر لها حافات واضحة بينما تتكون عليها قمم كثبان نجمية مختلفة الأحجام والارتفاعات، وتتمثل هذه الكثبان فى وادى سيفه ورملة دهيث وعرق السليل وعرق الخطير. كما توجد أيضاً فى منطقة الخوير ومسروق نمط آخر من الكثبان وهى ما يطلق عليها الكثبان الشبكية Network وهى امتداد لنفس الكثبان فى دولة الإمارات ، وتتمثل هذه الكثبان فى منطقة طوى أم الزمول والخوير وذليمه. وتتأثر كثبان هذا النطاق بمياه السيول التى تتدفق من الأودية الغربية ومراوحها الفيضية لهذه الأودية مما يؤثر على تقدمها وشكلها.

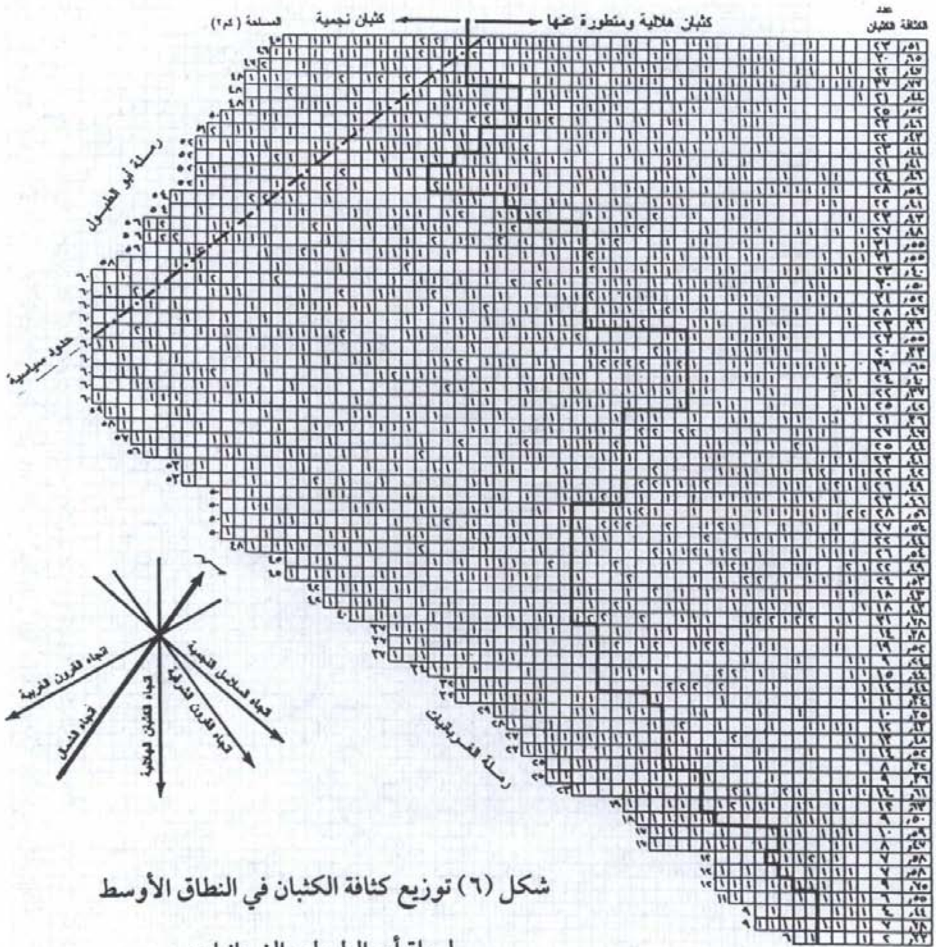
- **النطاق الأوسط للكثبان**: يمتد هذا النطاق إلى الجنوب مباشرة من سبخة أم السميم على طول الحدود بين عمان والسعودية، وتبلغ الكثبان فى هذا النطاق أقصى اتساع لها داخل الأراضى العمانية وهو ١٨٢ كم، بينما يمتد هذا النطاق بطول الحدود لمسافة تقدر بحوالى ١٨٠ كم فى اتجاه شمالى جنوبى الكثبان. وتتمثل الكثبان فى هذا النطاق فى رملة أبو الطبول ورملة الغربانيات ورملة الغافة ورملة بن عنوز ورملة الشماطيط ورملة الزولية ورملة السحمة، وينتهى النطاق برمال مقشن. وتتكون الكثبان فى هذا النطاق من كثبان طولية ونجمية وهلالية ومتطورة عن الهلالى وشبكية، وتتمثل الكثبان النجمية فى رملة أبو الطبول التى ينتشر جزء منها على سبخة أم السميم ورملة الغربانيات ورملة الزولية ورملة مقشن ورملة أم ديسيس، بينما الكثبان الطولية فتتمثل فى رملة بن عنوز ورملة السحمة، بينما الكثبان الهلالية فتمثل جزءاً ضئيلاً من رمال هذا النطاق وتنتشر إلى الغرب والجنوب الغربى من سبخة أم السميم وتنتشر على جزء من السبخة ويطلق عليها رملة أم السميم.

- **النطاق الجنوبى للكثبان**: تمتد كثبان هذا النطاق فى الركن الجنوبى الغربى من عمان

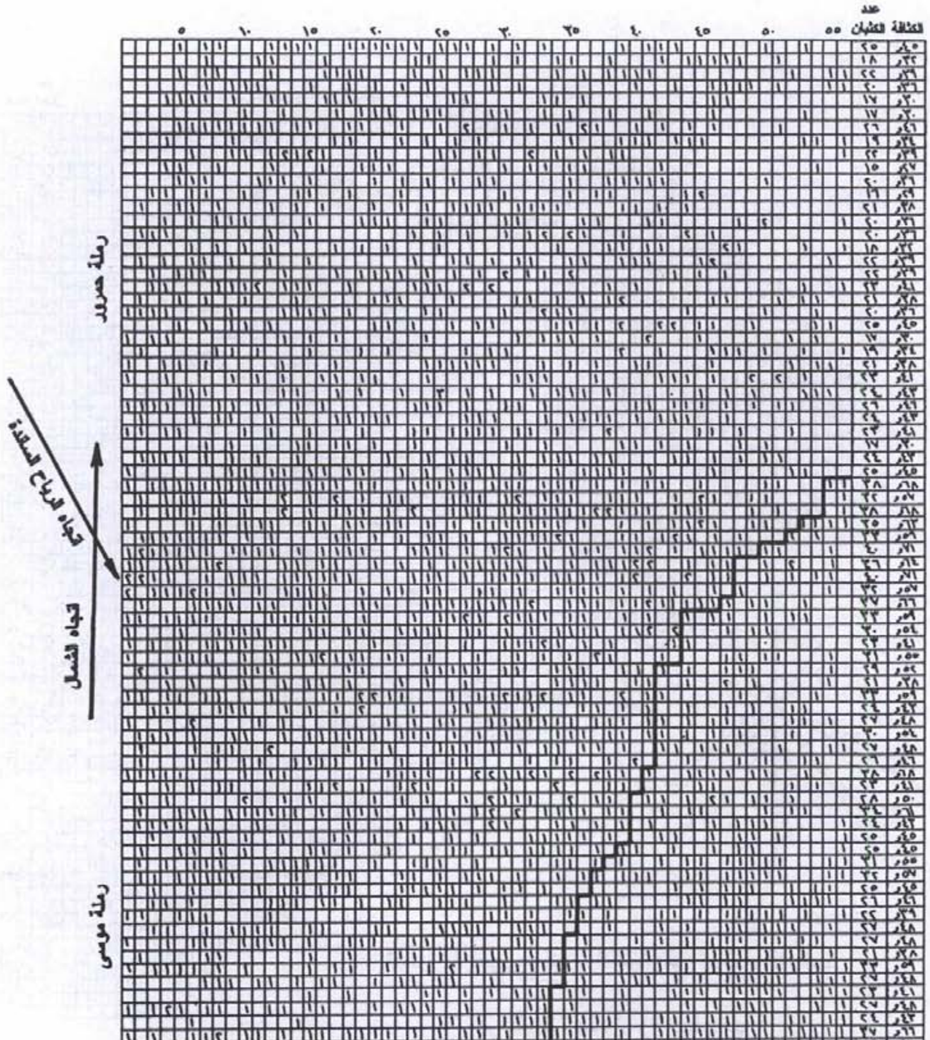
بداية من رملة مقشن وحتى الحدود بين كل من عمان والسعودية واليمن، وتتمثل كثبان المنطقة فى رملة أم ديسيس ورملة فسد ورملة مساح ورملة ملحيت ورملة ميتان، بالإضافة إلى عروق بن حموده وعروق الحاض. وتتكون كثبان هذا النطاق من الكثبان الطولية وهى كثبان مختلفة فى أنماطها عن الكثبان الطولية فى النطاقين الشمالى والأوسط حيث يميل اتجاهها إلى الشمالى الجنوبى، ويتغير إلى الشمالى الشرقى - الجنوبى الغربى كما سنرى فيما بعد، وتتمثل الكثبان الطولية فى رملة ميتان وعروق الحاض وعروق بن حموده. وتمثل الكثبان النجمية نسبة كبيرة من رمال هذا النطاق وتتمثل فى رملة مقشن ورملة أم ديسيس ورملة فسد ورملة مساح. كما يتكون على الأطراف الجنوبية لهذا لنطاق نوع آخر من الكثبان وهو الكثبان القبابية، وتتمثل فى رملة ملحيت ورملة فسد، ويظهر هذا النوع من الكثبان فى منطقة سبخية عند مخارج أودية ملحيت ودوكة وعطيه.

ب- توزيع كثافة الكثبان:

تختلف كثافة الكثبان من نطاق إلى آخر ومن موقع إلى آخر داخل النطاق الواحد. وللتعرف على كثافة الكثبان تم تقسيم أجزاء من منطقة الدراسة إلى مربعات مساحة كل منها كيلو متر مربع على المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠٠٠٠ ، ثم حساب عدد الكثبان داخل كل مربع دون النظر إلى حجم الكثيب، وفى حالة الكثبان الطولية تم حساب القمم على أنها كثبان منفصلة، وقد تم حساب عدد الكثبان فى صفوف أفقية وحسبت كثافتها، كما حسبت الكثافة العامة لمساحة المناطق المختارة، وقد تم تسجيل هذه القياسات فى الشكلين (٦ ، ٧) وتمثل الأرقام داخل المربعات كثافة الكثبان فى كيلومتر مربع واحد. وقد استخدمت هذه الطريقة فى دراسات عديدة سابقة فى منخفض الخارجة بمصر (Embabi, 1982) وفى شبه جزيرة قطر (إمبابى وعاشور، ١٩٨٣) وفى بيرو (Finkel, 1959).



شكل (٦) توزيع كثافة الكثبان في النطاق الأوسط لرملة أبو الطبول والغربانيات



شكل (٧) توزيع كثافة الكثبان في النطاق الجنوبي لرملة موسى ورملة حمرور

وقد تم اختيار موقعين فقط لتطبيق هذه الدراسة، وقد اختير الموقع الأول فى رمال أبو الطبول والغربانيات بالنطاق الأوسط، كما اختير الموقع الثانى فى رمال حمرور وموسى بالنطاق الجنوبى، وتتكون هذه الرمال من الكثبان النجمية والهلالية والقبابية. وقد بلغت مساحة الموقع الأول ٢٨٠٨كم٢، وبلغ عدد الكثبان بها ١٣٢٤كثيب، وبحساب الكثافة العامة للموقع كانت ٤٧, ٠ كثيب/ كم٢، كما تراوحت الكثافة فى الصفوف التى قسمت إليها المنطقة بين ٣٢, ٠ - ٧٨, ٠ كثيب/ كم٢ . كما بلغت مساحة الموقع الثانى ٤٨١٦ كم٢، بلغ عدد الكثبان بها ٢٢٩٦ كثيب، وبلغت الكثافة العامة ٤٨, ٠ كثيب/ كم٢، كما تراوحت الكثافة فى الصفوف التى قسمت إليها المنطقة بين ٢٧, ٠ - ٧١, ٠ كثيب/ كم٢ .

ويوضح الشكلان (٦ ، ٧) اختلافات كثيرة فى اتجاهات محاور الكثبان فى المنطقة فنلاحظ أن السلاسل النجمية لها اتجاه وكذلك القرون الشرقية والغربية للكثبان المتطورة عن الهلالية، كما أن الكثبان النجمية فى النطاق الجنوبى تدل على وجود أكثر من اتجاه فى المنطقة. واذا حاولنا أن نخرج بنمط معين لاتجاه الكثافة فى منطقة الدراسة لوجدنا أنه من الصعوبة الوصول إلى ذلك لعدة عوامل، ففى بعض الدراسات السابقة لمناطق مختلفة من العالم اتضح أن الكثبان تقل كثافتها بالاتجاه صوب منصرف الرياح فى الواحات الخارجة بالصحراء الغربية المصرية، (Em-babi,1982) صحراء بيرو بأمريكا الجنوبية(Finkel,1959) بينما فى دراسة الكثبان الرملية فى شبة جزيرة قطر فقد أوضحت الدراسة العكس حيث ازدادت الكثافة بالإتجاه مع منصرف الرياح (إمبابى وعاشور، ١٩٨٣)، ويتضح فى منطقة الدراسة ومن خلال دراسة الشكلين السابقين أنه لايوجد اتجاه واضح لإنخفاض أو زيادة الكثافة ويظهر تباينها من مكان إلى آخر، وقد يرجع ذلك إلى عدم وجود اتجاه سائد وواضح لحركة الرمال حيث توجد اتجاهات مختلفة ومتعددة ومعقدة وأكثر من نظام للرياح (كما سبق وذكرنا) وايضا أكثر من مصدر للرمال. إلا أنه يمكن القول أن كثافة الكثبان تقل بالإتجاه جنوباً فى النطاق الجنوبى عندما تتحول الكثبان من كثبان طولية

معقدة إلى كثبان نجمية صغيرة الحجم، وهنا يمكن استخدام عامل الحجم بالنسبة للكثبان النجمية كأحد العوامل المؤثرة فى الكثافة فيتضح قلة الكثافة بالإتجاه جنوباً حيث تتكون الكثبان النجمية عندما يشح مورد الرمال بالإضافة إلى تعدد أتجاهات الرياح. كذلك تقل الكثافة بالإتجاه صوب الشرق والجنوب الشرقى فى النطاق الأوسط عندما تتحول الكثبان الشبكية والمتطورة عن الهلالى إلى كثبان نجمية أيضاً ثم تتحول إلى كثبان طولية بسيطة. لذلك نجد أن عامل حجم الكثبان وأنواعها من العوامل الهامة التى تؤثر على كثافة الكثبان بالإضافة إلى عامل التضاريس المحلية الذى أوضحه كل من إمبابى وعاشور (١٩٨٣) وكذلك تباين نظم الرياح.

ج - أثر طبوغرافية السطح على توزيع الكثبان:

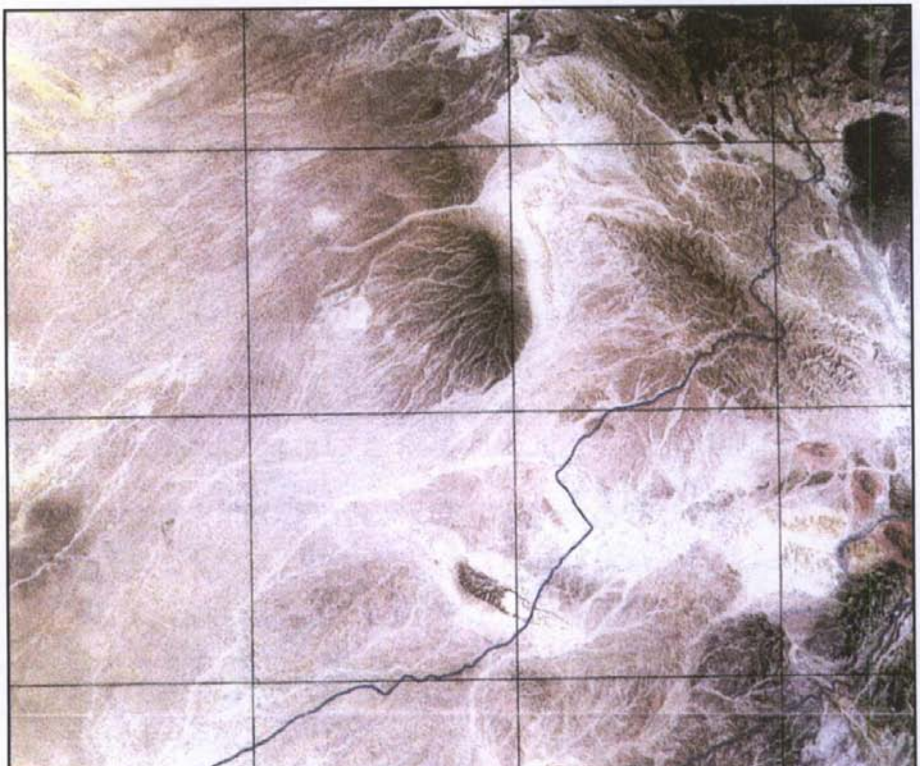
تؤثر طبوغرافية السطح بصورة واضحة فى بعض المناطق على توزيع الكثبان الرملية فى غرب عمان، ويمكن أن نوضح ذلك فى النقاط التالية:

- تتركز رمال منطقة الدراسة وامتدادها فى الأراضى السعودية بما يعرف برمال الربع الخالى الشرقى فى منخفض تكتونى كبير يرجع إلى الزمن الثالث ويقع فى جنوب شرق الجزيرة العربية (Powers, et al., 1966). ويفسر ذلك تركز الكثبان ذات الأحجام الكبيرة فى الربع الخالى الشرقى أكثر من الربع الخالى الغربى.
- تمتد الكثبان الطولية فى رأس مثلث إلى الأراضى العمانية فى منطقة سيح هيما فيما يعرف برملة بن عنوز، وتتميز هذه المنطقة بانخفاض منسوبها عما يحيط بها من الشمال والجنوب، كما تتميز باعتدال تضاريسها المحلية وانحداراتها الخفيفة ويطلق عليها جدة الحراسيس وهى عبارة عن سهول تحاتية منبسطة مما أدى إلى حركة الكثبان فى هذا الإتجاه صوب الشرق.
- تتكون بعض الكثبان الناتجة عن العقبات فى ظل التلال المحيطة بالجانب الشرقى والجنوبى الشرقى لسبخة أم السميم، ويسود فى هذه التلال تكوينات الجبس التى

أثرت على الكثبان حيث يسود اللون الأبيض رمال هذه الكثبان. كما يتضح أثر سبخة أم السميم خاصة فى جانبها الجنوبى الغربى حيث تمتد الكثبان على سطح طبقة ملحية كبيرة تغطى مساحة واسعة منها، وتؤثر الأملاح ورطوبة السبخة على الكثبان الهلالية المجاورة لها والتى تمتد على أجزاء منها فتغير من شكلها وتصبح القرون غير متماثلة ، كما تتلاحم بعض قرونها ويمتد بعضها مكوناً حافات طولية فى اتجاه الرياح، إضافة إلى أن بعضها تحجر وثبت فى موضعه، وتوضح اللوحة (١) سبخة أم السميم وامتداد الكثبان على الطبقة الملحية جنوب غرب السبخة.

- تتجه الكثبان الرملية الطولية فى النطاق الشمالى إلى سفوح جبال الحجر الغربى مباشرة فتتكون بعض الكثبان الصاعدة على السفوح الغربية لها (لوحة ٨). كما تتأثر الكثبان فى هذا النطاق أيضا بالمراوح الفيضية للأودية التى تنحدر من جبال الحجر صوب الغرب، فعندما تهطل الأمطار ويحدث جريان داخل المجارى التى تتكون على أسطح المراوح الفيضية يؤدى ذلك إلى إعادة تشكيل أطراف الكثبان الطولية وتحول دون تقدمها وكذلك تحول دون تشكيل الكثبان الطولية بصورها المعهودة عند أطرافها، ومن أمثلة المراوح التى تؤثر بوضوح على تقدم وشكل الكثبان المراوح الفيضية لوادى ضنك ووادى الفتح ووادى شارى وسيفه وأجران والجفره وتوضح اللوحة (١) كثافة هذه المراوح الفيضية والاودية المتجهة صوب رمال النطاق الشمالى وأثرها على رماله.

- تتأثر أيضا الكثبان الرملية فى النطاق الجنوبى بمجموعة من الأودية تنحدر من جبال ظفار صوب الشمال والشمال الشرقى متجهة صوب نطاق الكثبان، وهذه الأودية هى أودية دوكة وحلوف وملحيت وعطية وقتبيت وبن خوطار ومقشن، وتصرف هذه الأودية تصريفاً داخلياً فى منطقة الكثبان الرملية فتتكون أراضى سبخية أثرت بوضوح على النمط السائد للكثبان حيث تتكون كثبان قبابية الشكل على الحدود الجنوبية للنطاق الجنوبى للكثبان، كما تجرف الأودية رمال الكثبان أثناء جريانها فتحول دون تقدمها.



لوحة رقم (١) خريطة مصورة للأودية التي تنحدر من غرب جبال الحجر في اتجاه الكثبان وتعمل على تشويهها، كما تظهر اللوحة سبخة أم السميم والكثبان التي على أطرافها.

- يؤثر الغطاء النباتى الطبيعى على أشكال الكثبان الرملية فى منطقة الدراسة خاصة فى المناطق التى يتوافر فيها وبالتحديد فى فصل الشتاء الذى تتساقط فيه الأمطار، وتؤدى النباتات إلى تغير فى أشكال الكثبان كما يتكون الكثير من النباك على جوانبها وفى أراضى ما بين الكثبان، كما تنتشر بصورة كبيرة الكثبان الذيلية خلف النباتات. ويظهر أثر الغطاء النباتى بعد هطول الامطار مباشرة مما يؤدى إلى نمو النباتات ويظهر ذلك فى كثبان النطاق الأوسط وتؤدى هذه النباتات إلى عرقلة حركة الرمال. كما تتكون النباك بصورة كبيرة داخل مجارى الأودية التى يكثر بها الغطاء النباتى كما هو الحال فى أودية العميرى وأسود فى النطاق الشمال، ووادى مقشن فى النطاق الأوسط، ووادى ملحيت فى النطاق الجنوبى.

ثالثاً: أنواع وأنماط الكثبان الرملية غرب عمان

لقد درست الكثبان الرملية على نطاق واسع فى مناطق عديدة من صحارى العالم، ويعتمد تصنيفها على العديد من المعايير، ويتم تحديد أنواع الكثبان تبعاً لأشكالها، كما تختلف أنماطها من موقع لآخر ويتم تحديدها تبعاً لتطورها وعدد الأوجه الحرة التى يتكون منها الكثيب كما يتم تصنيفها بين كثبان بسيطة ومركبة ومعقدة. ويوضح الجدول رقم (٤) أنواع وأنماط الكثبان الرملية فى منطقة الدراسة والمساحات التى تغطيها، كما يوضح الشكل رقم (٨) خريطة التوزيع المكانى لأنواع وأنماط الكثبان التى تم استخراجها من المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية، وهى: الكثبان الطولية والنجمية والهلالية والمتطورة عنها والقبابية بالإضافة إلى الكثبان الشبكية، وتغطى الكثبان الطولية والنجمية أكثر من ٨٦٪ من المساحة التى تغطيها الكثبان فى منطقة الدراسة، وقد أوضحت دراسات سابقة تصنيف الأشكال الرملية فى رمال الربع الخالى ومن هذه الدراسات:

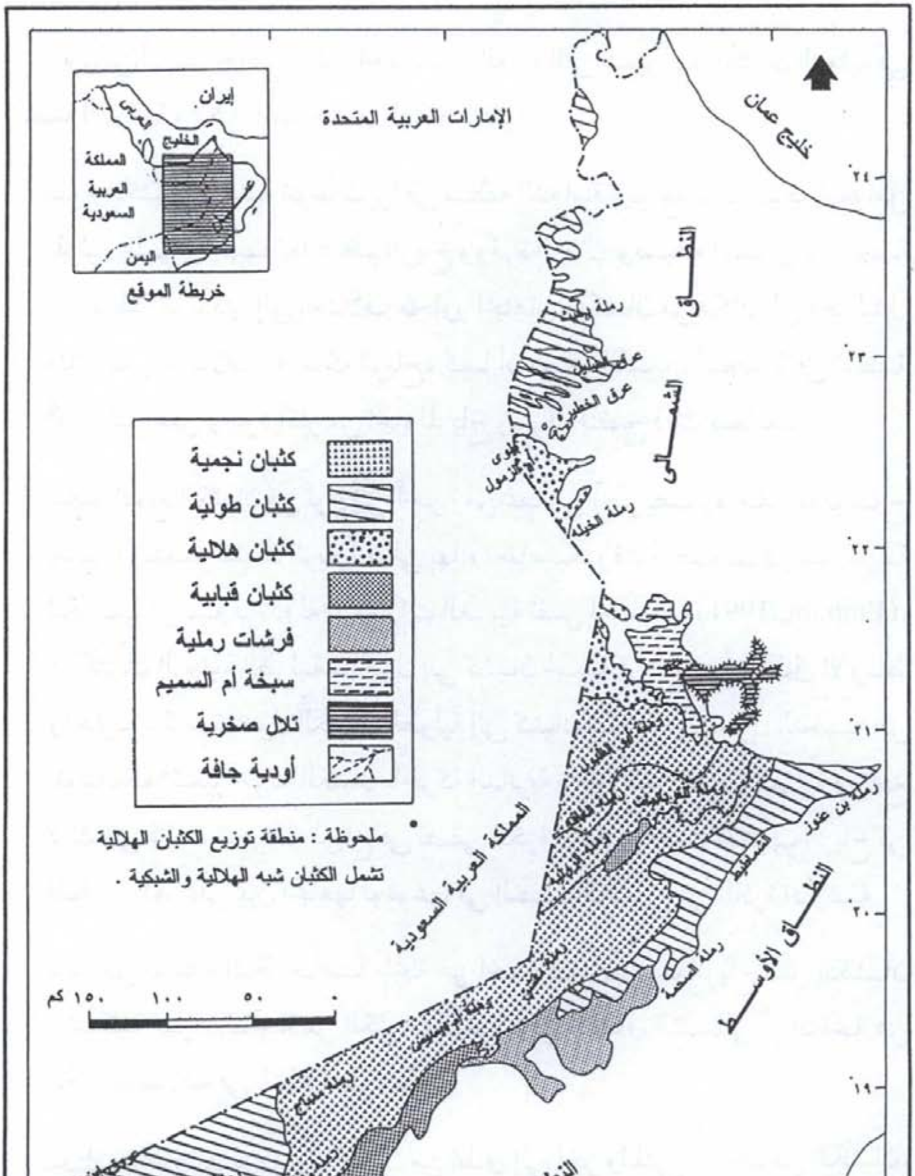
Fryberger & Goudie, 1981 ; Lancaster et al, 1987 ; Thomas, 1989B.

جدول (٤) أنواع وأنماط الكثبان الرملية غرب وجنوب غرب عمان والمساحات التى تتوزع عليها.

أنواع وأنماط الكثبان	المساحة (كم٢)	النسبة المئوية (%)
كثبان طولية	١٩٤٣٥	٣٨,١
كثبان شبكية	١٣	٠,٠٣
كثبان هلالية وشبه هلالية	٢١٩٧	٤,٣
كثبان نجمية	٢٤٦٧٤	٤٨,٢٧
كثبان قبابية	٣٨٨٧	٧,٦
فرشات رملية	٨٤٥	١,٧
إجمالى المساحة	٥١٠٥١	١٠٠

المصدر: قياسات بواسطة الباحث من المرئيات الفضائية

وتبعاً لنتائج هذه الدراسات نجد أن الكثبان الطولية تمثل ٧١٪ من أنواع الكثبان تتوزع بين ٤٣٪ كثبان بسيطة ومركبة و٢٨٪ كثبان نجمية داخل الكثبان الطولية التى يطلق عليها فى هذه الحالة الكثبان المعقدة، بينما تكون الكثبان العرضية ٢١٪ من الأشكال الرملية تتوزع بين ٢٠٪ للكثبان العرضية المعقدة و١٪ للكثبان العرضية البسيطة ، بينما تمثل الكثبان النجمية النسبة الأقل ٨٪ فقط (Pye&Tsoar,1990)، إلا أن هذا التوزيع يختلف فى منطقة الدراسة حيث تمثل الكثبان النجمية النسبة الأكبر بين أنواع الكثبان ويرجع ذلك إلى أن معظم الكثبان النجمية فى الربع الخالى تقع فى منطقة الدراسة وتبلغ نسبتها أكثرمن ٤٨٪، تليها الكثبان الطولية بنسبة أكثرمن ٣٨٪ معظمها كثبان معقدة يوجد داخلها الكثبان النجمية، بينما بقية الأشكال الرملية لاتمثل سوى أقل من ١٤٪ من مساحة الأشكال الرملية فى المنطقة.



المصدر : عمل الباحث من المرئيات الفضائية لاندسات والخرائط الطبوغرافية

شكل (٨) توزيع أنواع الكثبان الرملية في غرب عمان

ويمكن أن نستخلص بعض الخصائص العامة التى تتميز بها الكثبان الرملية فى منطقة الدراسة ويمكن ايضاحها فى النقاط التالية:

- تتنوع الكثبان الرملية تنوعاً كبيرا فى منطقة الدراسة ويرجع ذلك لتوفر العوامل المؤثرة عليها وأهمها تعدد نظم الرياح ووفرة الرمال وطبيعة التضاريس المحلية فى المنطقة مما يؤدى إلى اختلاف محاور اتجاهات الكثبان من مكان إلى آخر ليدل ذلك على اختلاف اتجاهات الرياح، كما أن سيادة الكثبان النجمية فى المنطقة أكبر دليل على وجود أكثر من اتجاه للرياح وسوف يتضح ذلك فيما بعد.

- تتغير أنواع الكثبان من نوع إلى آخر ومن نمط إلى آخر بصورة حادة دون تدرج يذكر ، وتتميز كثبان الربع الخالى بهذه الخاصية، وقد أوضحت دراسة سابقة للكثبان الرملية فى دولة الإمارات العربية نفس الخاصية(Embabi, 1991)، فالكثبان الرملية الطولية تتحول إلى كثبان نجمية فى كل من النطاق الأوسط والجنوبى، كما تتحول الكثبان الطولية إلى كثبان شبكية، وتتحول النجمية إلى طولية، كما تتميز حركة الكثبان بالحركة الدائرية داخل شبه الجزيرة العربية ويرجع ذلك إلى قانون انحراف الرياح فى نصفى الكرة الأرضية حيث تنحرف الرياح فى المنطقة دائما على يمين اتجاهها لوقوعها فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية.

- تنشأ فى المنطقة أنماط خاصة ناتجة عن اختلاف اتجاهات الرياح مثل الكثبان الشبكية سواء الناتجة عن الكثبان الطولية فى النطاق الشمالى أو الناتجة عن الكثبان الهلالية فى النطاق الأوسط.

- تختلف اتجاهات محاور الكثبان من نطاق إلى آخر وللنوع الواحد من الكثبان، وبمتابعة اتجاهات هذه المحاور لوحظ أنها تتغير بشكل واضح بين النطاقات الثلاثة تحت تأثير النظم المختلفة للرياح. فعلى سبيل المثال الكثبان الطولية توجد فى النطاقات الثلاثة وتختلف اتجاهاتها تماماً فى كل منها وسوف نتناول هذه الخصائص بالتفصيل عند الحديث عن التحليل المورفولوجى للكثبان.

ولدراسة الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية فى المنطقة تم تناولها تبعاً لأنواعها وأنماطها، ويوضح الجدول (٥) الخصائص المورفولوجية لأنواع الكثبان. وقد تم تحديد أنواع الكثبان داخل كل نطاق ليسهل المقارنة بينها ويتضح التنوع الكبير بين النطاقات فى النوع الواحد من الكثبان، كما يوضح الشكل (٨) أنواع الكثبان ومسمياتها المحلية، وقد تم استخدام نفس التعبيرات الموقعة على الخرائط مثل رملة ورمول وعروق. وقد استخدم فى قياس أبعاد الكثبان المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية مقياس ١ / ١٠٠٠٠٠، واتبع فى القياس المعايير المتعارف عليها فى دراسات سابقة (Breed Grow, 1979)، ويوضح الشكل (٩) طريقة القياس لكل نوع من أنواع الكثبان. وفيما يلى سوف نتناول بالتفصيل دراسة الخصائص المورفولوجية والمورفومترية لكل نوع من انواع الكثبان على حدة داخل كل نطاق من النطاقات الثلاثة.

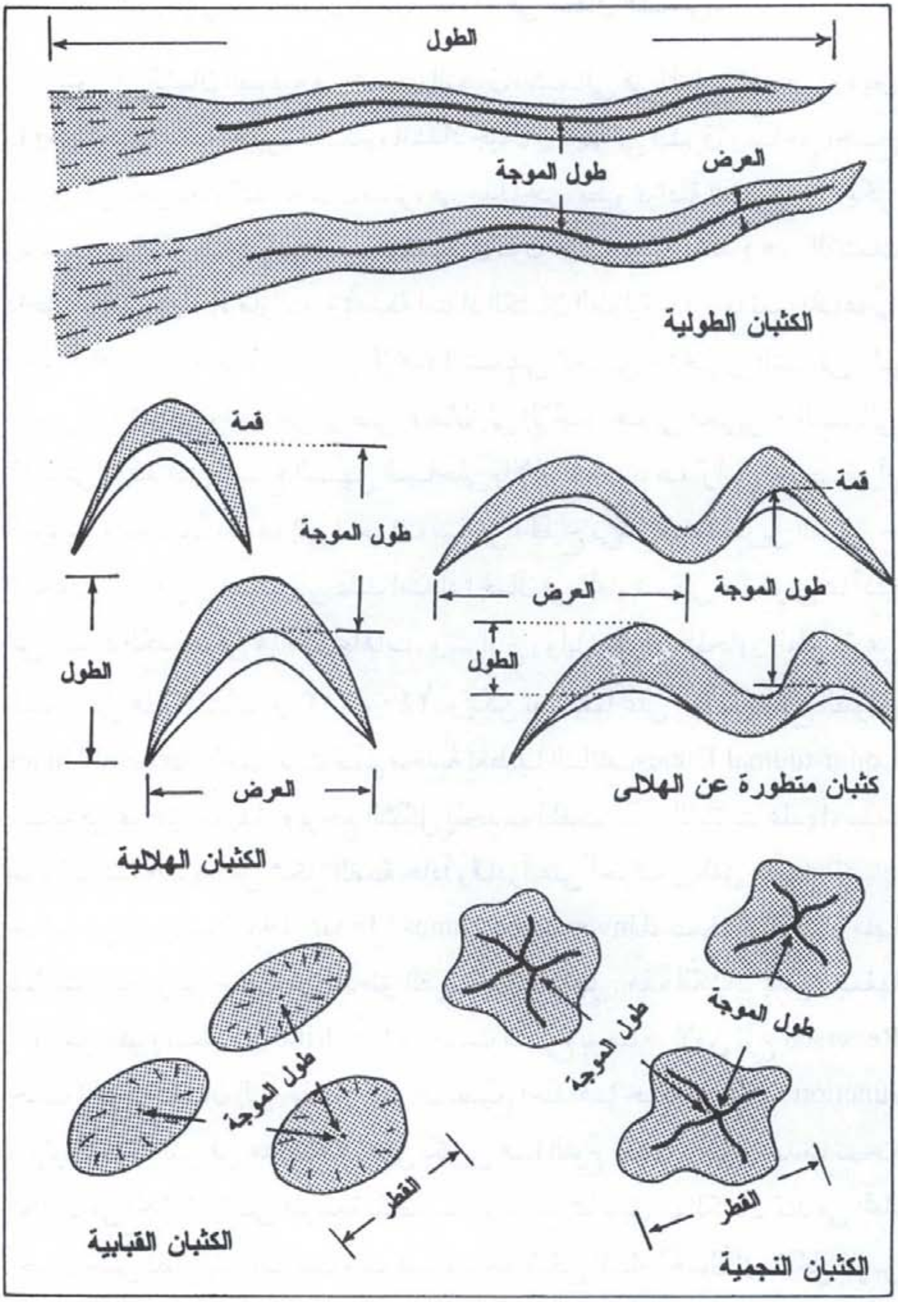
أ - الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية الطولية:

تغطى الكثبان الطولية ما يقرب من ٤٠٪ من رمال منطقة الدراسة وتحتل المرتبة الثانية فى التوزيع بعد الكثبان النجمية، وتتوزع الكثبان الطولية فى النطاقات الثلاث، وتختلف أنماطها من نطاق لآخر. وتعتبر الكثبان الطولية فى منطقة الدراسة أحد الأنماط المتميزة بين الكثبان الطولية فى العالم ، ويرجع ذلك إلى التنوع الكبير الذى تظهر عليه هذه الكثبان داخل المنطقة، فكما ذكرنا قبل قليل أن هذه الكثبان تتوزع فى النطاقات الثلاثة التى قسمت إليها منطقة الدراسة إلا أنها تختلف تماماً فى خصائصها المورفولوجية خاصة اتجاهاتها، كما تختلف ايضا داخل النطاق الواحد كما هو الحال فى النطاق الشمالى حيث تختلف أنماط الكثبان الطولية بين الأجزاء الثلاثة الشمال والوسط والجنوب. وفيما يلى سوف نتناول الخصائص المورفولوجية للكثبان الطولية فى النطاقات الثلاثة:

جدول (٥) الخصائص المورفولوجية لكثبان الربع الخالى غرب وجنوب غرب عمان.

أنواع وأنماط الكثبان	النطاق	الشكل	الطول (كم)	العرض (كم)	طول الموجه (كم)	الأرتفاع (متر)	اتجاه المحاور (درجات)	مواقع الكثبان
طولية	شمال الشمالى	مركب، معقد	٤ - ١٤	٠,٥ - ٣	١,٥ - ٣	متوسط ٣٠	٢١٣، ٢٢٨ ، ٢٤٠	رملة كنوسن ، سيد ، الواحات
	وسط الشمالى	مركب ومعقد	٨ - ٥٤	١ - ٥,٥	٥ - ٨	متوسط ٣٠	غ - ق	رملة بى ديو ، صحم ، أم الهقيل ، ديمى ، عرق سبته ، ثويمه ، سلام .
	جنوب الشمالى	مركب ومعقد	-	-	٥ - ٨	٧٠ - ١٠٠	٣٠٠	رملة الشار ، خيرقة ، عرق خطرة ، فيحه ، حاليه ، بوساتما ، أم قله .
	الأوسط	بسيط مجدول	٢ - ٧	٠,٢ - ٠,٣	١ - ١,٥	١٠	٢١٠	رملة الحوز
		بسيط مجدول	٢,٥ - ١٢,٥	١٠,٥	١ - ٢	٤٠	١٩٥	رملة السحمة
		بسيط مجدول	١ - ٢٥	٠,٥ - ١	٢,٥ - ٣,٥	٤٠ - ٧٠	٢٣٧	رملة السحمة
		شجرى	٧,٥ - ١٥	١ - ٢	٢,٥ - ٥	٥٠ - ١١٠	٢٤٠	رملة الغريانيات
		شجرى	١١,٥ - ٣٧,٥	٠,٥ - ١,٥	١ - ٧	٢٠ - ٥٠	٢١٠	رملة السحمة
		شجرى	٣٢ - ٦٣	٠,٥ - ٢,٥	١ - ٥	٥ - ١٥	٢٣٧	بن عنوز،الشماطيط
	الجنوبى	مجدول معقد	متوسط ٨٠	٠,٥ - ٣	١ - ٣,٥	١٠٠ - ١٦٠	١٤ - ٦١	عروق بن حموده ، الحاش،المعزغك،المعترضة
		مشواه وقبابى	متوسط ٤٠	٠,٥ - ٢	١ - ٢	١٥ - ٦٠	٢٢٣	أم ديسيس،أم العريض، مقل ، أم الحياة ، مشاش .
شبكية	الشمالى والأوسط	شبكية	٢ - ٥	٢ - ٤	٥ - ٦	٥٠ - ١٠٠	٣٠٠ (رئيسى) ٣٣٠ ، ٣٦٠ ، ٢٠ (فرعى)	نقيان سلام ، دروع مقرضة
هلالية	الشمالى	مركبة	٠,٨ - ٢,٥	١ - ٦	-	٧٠ - ١٠٠	٣٤٣	رملة أم السميم
شبه هلالية	الأوسط	مركبة وحافات عرضية	١ - ٣	١,٥ - ٤	١,٥ - ٣ ٢,٥ - ٣	١٠٠ - ١٣٠	٣٠٠(قرون شرقية) ٢٧ (قرون غربية)	رملة أم السميم
نجمية (*)	الشمالى	مركزى	٠,١ - ١	-	٠,٣ - ١,٥	متوسط ٥٠	٤٥ ، ٣٣٠	رملة الواحة ، بن ديو ، أم الحقيل ، صحم ، اليما ، القافى ، سليل ، قطاره ، اشار .
	الأوسط	مركزى يميل للأستطالة احياناً	٠,٣ - ٠,٨	-	٠,٨ - ٣,٥ ١,٥ - ٢	٦٠ - ١٢٠	٤٥ - ٢٧٠	أبو الطبول،أم الطبول،القافه،الغريانيات،الزوليه
		مركزى يميل للأستطالة	٠,٣ - ١,٥	-	١,٥ - ٥ ١ - ٢	٥٠ - ١٢٠	٢٢٠ - ٢٣٢	السحمة ، أبوالعروق
	الجنوبى	مركزى يميل للأستطالة	٠,٣ - ١,٥	-	١ - ٢,٥	٣٠ - ١٠٠	-	رملة جديلة ، ميتان،قصد
		مركزى ودائرى الشكل	٠,٣ - ٢	-	١ - ٢,٥	٩٠ - ١١٠	-	رمة موسى، الشجاج، حمرور،العروق
القبابية	الأوسط	قبابى	٠,٨ - ٣,٥	٠,٣ - ١	١ - ٣	٣٠ - ١٠٠	-	رملة أبو العروق ، رملة أم الحصا ، أم الحياة ، رملة السحمة .
	الجنوبى	قبابى	٠,٨ - ٣,٥	٠,٣ - ١	١ - ٣	١٥ - ٩٠	-	أم العريض ، مشاش ، جبلا ، قارله ، أم ديسيس ، مقشن ، السحمة .

(*) الطول فى الكثبان النجمية يعنى طول الأذرع، واتجاه المحاور يعنى اتجاه الأذرع الرئيسية والثانوية على التوالى.



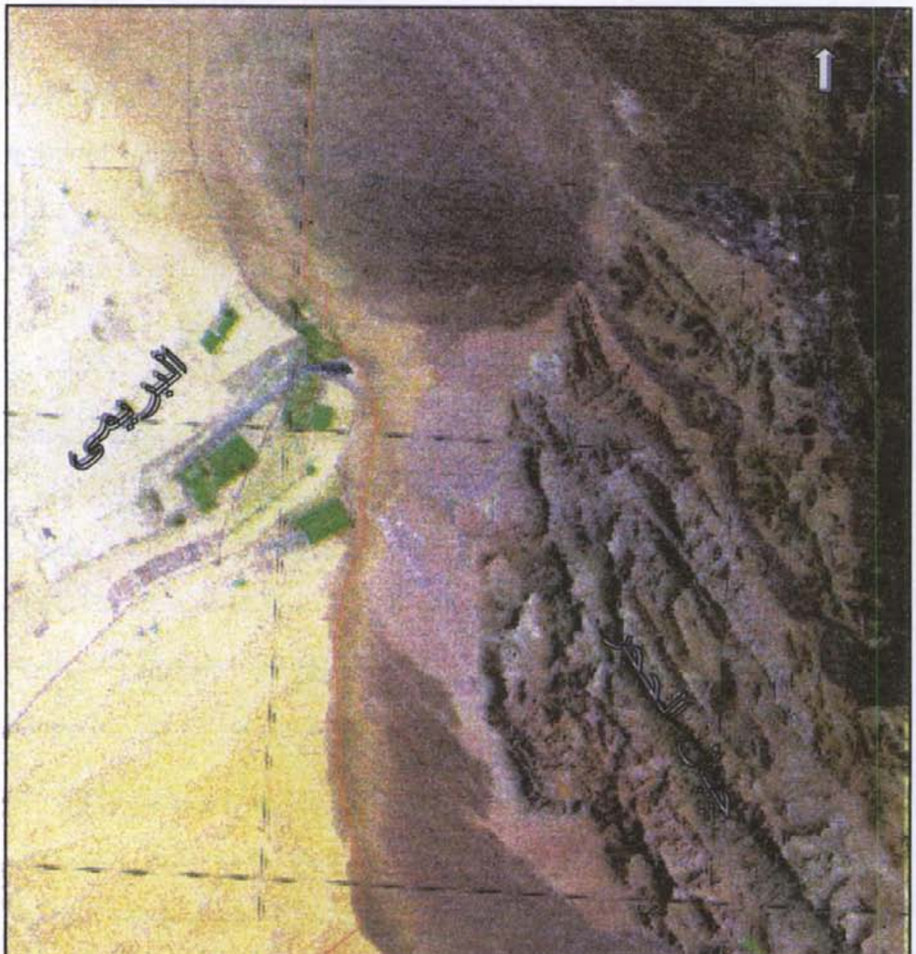
شكل (٩) طرق قياس أبعاد الكثبان في منطقة الدراسة

الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية الطولية فى النطاق الشمالى:

تتوزع الكثبان الطولية فى شمال النطاق الشمالى فى المنطقة المحصورة بين رؤوس الجبال بشبه جزيرة مسندم وامتداد جبال الحجر فى الشرق وساحل الخليج العربى فى الغرب، وتمتد الكثبان متأثرة فى هذا الجزء بطبوغرافية السطح، ولا يمكن ايضاح مورفولوجية الكثبان فى هذا النطاق دون الإشارة إلى امتداد هذه الكثبان داخل أراضى دولة الإمارات. وبمتابعة امتداد الكثبان الطولية نجد أنها تغير اتجاهاتها داخل أراضى دولة الإمارات من الإتجاه الشمالى الغربى - الجنوبى الشرقى ، ثم الغربى - الشرقى ، ثم داخل أراضى عمان إلى الإتجاه الجنوبى الغربى - الشمالى الشرقى. وقد أدى اتساع السهل الساحلى بالإتجاه جنوباً عند رأس الخيمة وأم القيوين وعجمان اضافة إلى انحراف ساحل الخليج فى الإتجاه الجنوبى الغربى - الشمالى الشرقى ويضاف إلى ذلك امتداد الجبال فى اتجاه شمالى - جنوبى مما أدى إلى امتداد الكثبان فى هذه الإتجاهات. وتتراوح زوايا انحراف المحاور الطولية عن الشمال فى هذه الكثبان بين ٢١٣ْ ، ٢٤٠ْ، ويمكن تصنيفها على أنها من النوع الطولى Longi-tudinal Dunesالنباتات Vegetated Dunes فهى ذات قمم محدبة تغطيها النباتات بكثافة فى مناطق عديدة، ويرجع الشكل المحدب للقمم لنمو النباتات عليها، بينما عدم نمو النباتات يجعل شكل القمة حاداً وقادراً على الحركة ويطلق عليها الكثبان خالية من النباتات (Unvegetated Dunes (Tsoar, 1989، كما تأثر الكثير منها بالإمتداد العمرانى خاصة فى المناطق القريبة من الساحل. هذه الكثبان يمكن وصفها بأنها من النوع الشجرى Dendritic ويحدث التفرع بوصلة Yمن نوع Reversed Junction حيث تتفرع الكثبان إلى حافتين قبل أن تصبح احداهما حافة فرعية، وتؤثر التضاريس فى هذا المكان على تكوين هذا النوع حيث يتكون عندما تتجه الكثبان فى اتجاه الأراضى المرتفعة المتضرسة، ويتضح مما سبق أن الكثبان تمتد فى اتجاه الجبال حتى تصل إلى أقدامها وتتوقف وتتخذ شكل أقدام الجبال أى شكل قوس محاذى للجبال، كما تتجه الكثبان إلى مناطق النوافذ التى تفصل بين الكتل وبعضها

(لوحة رقم ٢)، كما أمكن التمييز بين نوعين من هذا التفرع : النوع الأول يطلق عليه Reversed Left-Handed Junction والنوع الثانى يطلق عليه Reversed Symmetrical Junction، ويختلف النوعان فى زوايا أنحراف حافات التفرع ويحد التفرع فى اتجاه منصرف الرياح Opens Downwind إذا ما اتجهت نحو أراضى مرتفعة (Pye & Tsoar, 1990). وتتراوح أطوال هذه الكثبان بين ٤ - ١٤ كم (داخل أراضى عمان)، وبعرض يتراوح بين ٠,٥ - ٣ كم، كما يتراوح طول الموجه بين ١,٥ - ٣ كم، وتزيد ارتفاعاتها عن ٣٠ متر ويزداد الارتفاع بالإتجاه صوب الجنوب حتى يبلغ أكثر من ٥٠ متر شمال واحة البريمى فيما يعرف برملة كنوسن ورملة سين وتحيط هذه الكثبان بواحة البريمى والعين من الشمال والغرب والجنوب وتعرف برمال الواحات. وتصنف هذه الكثبان على أنها من النوع المركب حيث يتكون أكثر من حافة متوازية ولا تترك هذه الحافات والكثبان فيما بينها أراضى خالية من الرمال مما يظهرها بشكل كثيف وقد يرجع سبب ذلك إلى اعتراض الجبال المرتفعة لطريقها وتراكمها عند أقدامها.

بالإتجاه جنوب واحتى البريمى والعين نلاحظ تغير نمط الكثبان وإتجاهاتها حيث تتكون كثبان طولية معقدة تتجه مباشرة صوب الشرق ، وتمتد هذه الكثبان فى امتداد طولى تاركة فيما بينها أراضى ما بين الكثبان خالية من الرمال فى بعض المناطق وتتصل فيما بينها فى مناطق أخرى بتراكمات رملية وفرشات تكثر عليها الكثبان الصغيرة من الهلالية المتطورة ويطلق على هذه المناطق رقات مثل رقات بخيت ورقات سليل الشمالى والجنوبى. وتتكون على الكثبان الكثبان النجمية بالإضافة إلى الحافات المتطورة عن الهلالي، ولا تظهر حافة رئيسية لهذه الكثبان بينما تظهر قممها فى صورة كثبان نجمية متتالية إما فى صفوف منتظمة ومختلفة الأحجام أو بصورة غير منتظمة (لوحة رقم ٣) وسوف نشير إلى أبعاد الكثبان النجمية فى الجزء الخاص بها. ويبلغ ارتفاع الكثبان فى هذا الجزء أكثر من ٥٠ متر، كما تتراوح أطوالها داخل الأراضى العمانية بين ٨ - ٥٤ كم، ويتراوح عرضها بين ١ - ٥,٥ كم،

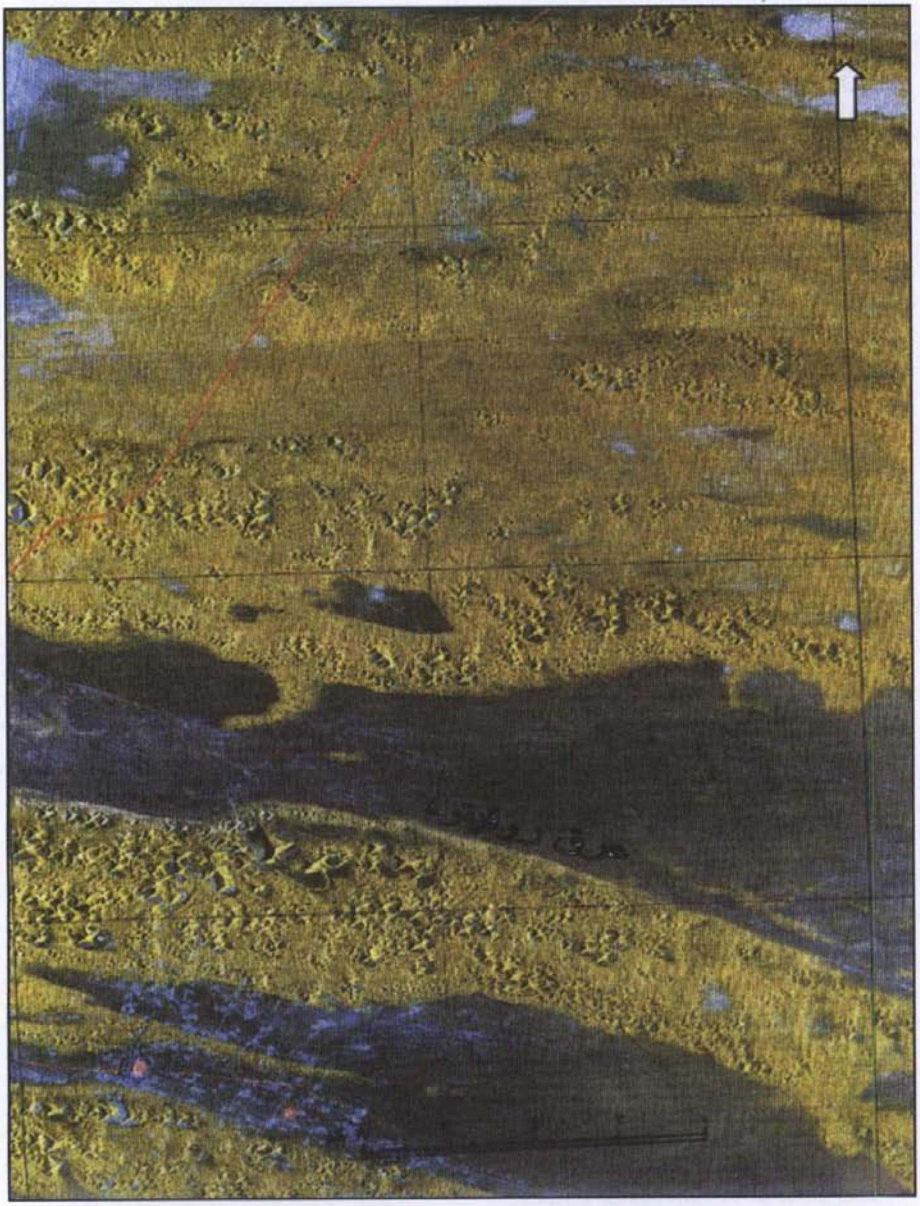


المصدر : معدلة عن قسم الأستشعار عن بعد ، وزارة موارد المياه .

لوحة رقم (٢) توضح توقف رمال الكثبان الطولية في النطاق الشمالي تحت أقدام جبال الحجر متخذة نفس شكلها المقوس، كما توضح تقدم الكثبان حول بعض المزارع في المنطقة.

ويتراوح طول الموجه بين ٥ – ٨ كم. ويطلق عليها أسماء محلية مثل رملة بى ديو ورملة صحم ورملة أم الهفيل ورملة الديمى ورملة قارة سلام وعرق سبته ورملة ثويمة ورملة قفى ورملة محدثه ورملة سرحه. وتتأثر الأطراف الشرقية لهذه الكثبان بالمراوح الفيضية لأودية سفاه والخبيب وفتح وضنك فتقطعها فى بعض المواضع، كما تتوزع بعض الأشكال الرملية مثل النباك والكثبان الهلالية الصغيرة الحجم وكثبان الظل داخل مجارى هذه الأودية وتختلط بالنباتات والأشجار وتبدو بصورة غير منتظمة وتحول دون ظهور نمط معين من الكثبان بداخلها (لوحة رقم ١).

تنحرف هذه الكثبان فى جنوب هذا النطاق صوب الجنوب الشرقى بزاوية تنحرف عن الشمال ٣٠٠ْ تقريباً، وتمثل امتدادا لنفس النمط السابق، ومن هذه الكثبان ما يعرف بعرق سليل الذى تظهر أطرافه الشرقية مبعثرة نتيجة التقائه بالمروحة الفيضية لوادى سليل كما تمتد رماله داخل مجرى الوادى وتختلط بالنبات الطبيعى داخل مجارى الفروع المتكونة على المروحة الفيضية. ومن هذه الكثبان ايضا عرق روقيتوه ورملة الشار وأمتدادها فى رملة خبرقه ورملة أم فقه وعرق خطرة، وتمتد هذه العروق من منطقة سبخية داخل أراضى دولة الإمارات مثل سبخة بوساتما وسبخة فيحة وسبخة حاليبه. وتتراوح ارتفاعات الكثبان فى هذا الجزء بين ٧٠ – ٨٠ متر ويفسر زيادة الارتفاعات وجود السبخات مقارنة ببقية كثبان النطاق. ويمثل عرق روقيتوه أكثر الكثبان ارتفاعاً حيث يبلغ ارتفاعه أكثر من ١٠٠ متر. كما تمثل دراسة نظم الرياح واتجاهاتها وحركتها أحد أهم العوامل التى نفهم من خلالها مورفولوجية الكثبان، فقد أوضحت بعض التجارب المعملية أن أى رياح تصطدم بقمة الكثيب بزاوية ٩٠ْ أو أقل تنحرف لتساعد على حركة الكثبان فى اتجاهها، وكلما تقاطعت الرياح مع القمة بزاوية تتراوح بين ٢٠ – ٤٠ْ كلما كانت حركة الرمال أكثر على طول الكثبان (Tsoar, 1978) نقلاً عن (Lancaster,1982b) ويظهر فى هذا الجزء نمط آخر من الكثبان وهو الكثبان الشبكية Network Dunes، وهى عبارة عن كثبان طولية تتكون عليها أفرع متعامدة على اتجاهها تقريباً لتبدو فى صورة شبكية وهى



المصدر : معدلة عن قسم الأستشعار عن بعد ، وزارة موارد المياه .

لوحة رقم (٣) خريطة مصورة توضح الكثبان الطولية المعقدة لرملة دهيث في النطاق الشمالي للكثبان، وتوضح اللوحة الكثبان النجمي المتكونة على الكثبان الطولية.

أيضاً من النوع المعقد حيث تتكون عليها الكثبان النجمية والمتطورة عن الهلالى مركبة عليها، وسوف نتناول هذا النمط فى الجزء الخاص به.

الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية الطولية فى النطاق الأوسط:

تتوزع الكثبان الطولية على الحدود الشرقية لهذا النطاق وتتكون تحت تأثير الرياح الشمالية الغربية والغربية إضافة إلى الرياح الجنوبية الغربية والجنوبية. ويختلف نمط الكثبان فى هذا النطاق عن الكثبان فى كل من النطاق الشمالى والجنوبى فهى من النوع الشجرى وتمتد بصفة عامة صوب الشرق والشمال الشرقى، وتتغير زوايا انحراف محاورها من الجنوب إلى الشمال بصورة واضحة بشكل فجائى. وسوف نتناول الكثبان فى هذا النطاق ابتداءاً من جهة الجنوب متجهين صوب الشمال والشرق مع اتجاه حركتها لنوضح تطورها وتحولها من اتجاه إلى آخر ومن نمط إلى آخر، وتتمثل الكثبان الرملية الطولية فى هذا النطاق فى رملة الحوز ورملة السحمة ورملة الغربانيات وأخيراً رملة بن عنوز فى أقصى الطرف الشرقى للنطاق.

تمتد الكثبان بطريقة متوازية أحياناً أو تندمج بعض حافاتها مع بعضها البعض مكونة حافة واحدة فى أحيان أخرى، وتبدأ الكثبان فى جنوب النطاق صغيرة بسيطة تتراوح أطوالها بين ٢-٧ كم فى رملة الحوز، وتتراوح اطوال موجاتها بين ١- ٥ , ١كم، ويبلغ متوسط ارتفاعاتها ١٠ متر، ويتراوح عرضها بين ٢ , ٠- ٣ , ٠ كم، وتنحرف محاورها صوب شمال الشمال الشرقى بزاوية ٢١٠° عن الشمال. وتبدأ الكثبان فى رملة السحمة فى قسمها الجنوبى باتجاه ينحرف عن الشمال بزاوية ١٩٥°، وتتراوح اطوالها بين ٥ , ٢ - ٥ , ١٢ كم، كما تتراوح اطوال موجاتها بين ١-٢ كم، ويتراوح متوسط عرضها بين ٥ , ٠ - ١ كم، كما يبلغ متوسط ارتفاعاتها ٤٠ متر. تتحول الكثبان بعد ذلك إلى اتجاه ينحرف عن الشمال بزاوية ٢٣٧°، وتتراوح اطوالها بين ١ - ٥ , ٢ كم، ويتراوح عرضها بين ٥ , ٠ - ١كم، بطول موجه يتراوح بين ٥ , ٢

- ٥ , ٣ كم، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٤٠ - ٧٠ متر. وتوصف هذه الكثبان بأنها من النوع البسيط حيث تتكون من حافة واحدة متعرجة وتتميز قممها بأنها حادة، ويمكن تصنيفها على أنها من الكثبان الطولية المجدولة. تتحول الكثبان بعد ذلك إلى نمط الكثبان الشجرية حيث تندمج حافاتها مع بعضها البعض بوصلة Y السابق ذكرها إلا أن نوعها يختلف فى هذا النطاق حيث يحدث اندماج لهذه الكثبان بالوصلة العادية Normal Junction، وتنقسم هذه الوصلة إلى ثلاثة أنماط وقد أظهرت المرئيات الفضائية أن النوع السائد فى هذا النطاق ما يطلق عليه «الوصلة اليمنى» Normal Right-Handed Junction ويحدث الإندماج عندما تلتقى حافتان مكونة حافة واحدة تمثل الحافة اليمنى نفس اتجاه الحافة المتكونة، بينما الحافة اليسرى تميل على هذا الإتجاه بزاوية حادة. ويحدث هذا النوع عندما تكون فتحة الوصلة فى الإتجاه القادمة منه الرياح Up wind كما يجب أن تكون الرياح فى طريقها إلى أراضى منخفضة. ويفسر تكون هذا النمط هنا لكونه يتجه صوب المنطقة الوسطى المنخفضة فيما بين شمال عمان وجنوبها - كما ذكرنا فى الجزء الخاص بالتضاريس - وتلعب طبوغرافية السطح Bيضا دوراً فى تغير hتجاهات الكثبان فى هذا النطاق حيث تلتقى رمال الغربانيات ورمال السحمة حول منطقة مرتفعة تتكون من بعض التلال والحافات تظهر عليها الصخور الأصلية تعرف بجدة الزولية والأطراف الغربية لجدة الحراسيس والدوكه، كما تصعد بعض الكثبان على هذه التلال وتستمر فى طريقها لتتلاقى مرة أخرى وتتجمع فى رمال بن عنوز (لوحة رقم ٤).

وتمتد رمال السحمة إلى الجنوب من منطقة التلال المذكورة فى صورة كثبان طولية متباعدة فيما بينها حيث تتراوح أطوال موجاتها بين ١ - ٧ كم، وتتراوح أطوال الكثبان قرب قرن السحمة بين ٥ , ١١ - ٥ , ٣٧ كم، ويتراوح عرضها بين ٥ , ٠ - ٥ , ١ كم، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٢٠ - ٥٠ متر، وتنحرف عن الشمال بزاوية قدرها ٢١٠ْ. وإلى الشمال من منطقة التلال تمتد الكثبان الطولية لرملة الغربانيات حيث تتراوح أطوالها بين ٥ , ٧ - ٥ , ٦ كم. ويبدأ تكون هذه الكثبان

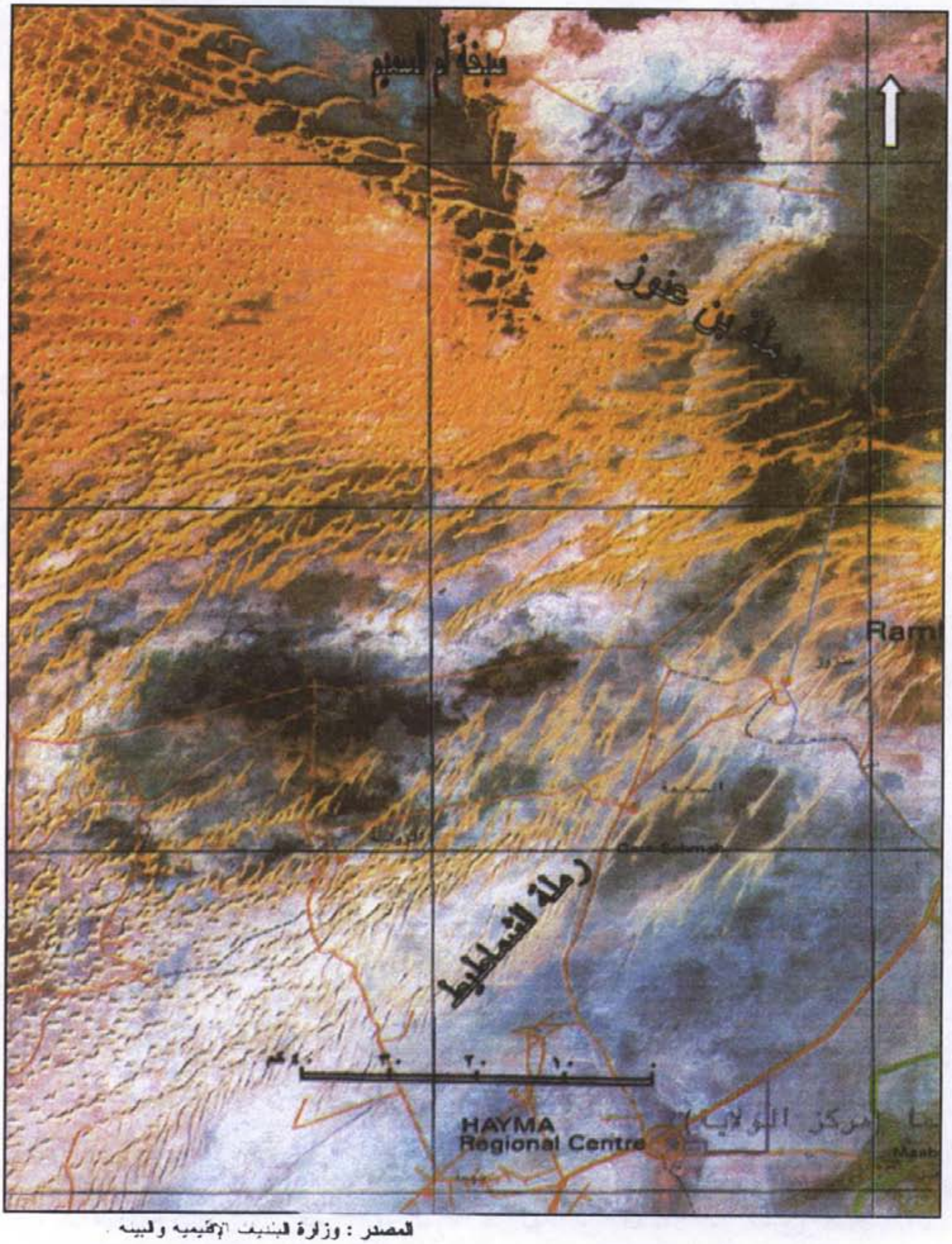
بفرشة رملية كبيرة نسبياً، ثم تتكون حافة القمم فى اتجاه منصرف الرياح، وتتراوح أطوال موجاتها بين ٥, ٢ - ٥ كم، كما يتراوح عرضها بين ١ - ٢ كم، وتتراوح ارتفاعات قممها بين ٥٠ - ١١٠ متر، وتنحرف محاورها عن الشمال بزاوية قدرها ٢٤٠ْ، كما تنحرف فى بعض أجزائها صوب الشرق تماماً أى صوب رمال بن عنوز والشماطيط لتندمج معها.

وتتكون الكثبان الرملية الشجرية لرملة بن عنوز والشماطيط فى أقصى شرق منطقة الدراسة نتيجة لإلتقاء رمال السحمة والغربانيات، ويظهر النمط الشجرى بوضوح فى هذه الرمال لتعدد اتجاهات محاور الكثبان الملتقية والمندمجة ويوضح شكل رقم (١٠) التغير الواضح فى حركة الكثبان وشكلها الشجرى. وتتراوح أطوال هذه الكثبان بين ٣٣ - ٦٣ كم، كما يتراوح متوسط عرضها بين ٥, ٠ - ٥, ٢ كم، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٥ - ١٥ متر، كما تتراوح أطوال موجاتها بين ١ - ٥ كم، وتمتد هذه الكثبان صوب الشرق تماماً وتكاد تتصل برمال أم الزميم فى منطقة الحقف وهى خارج موضوع دراستنا الحالية.

الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية الطولية فى النطاق الجنوبى:

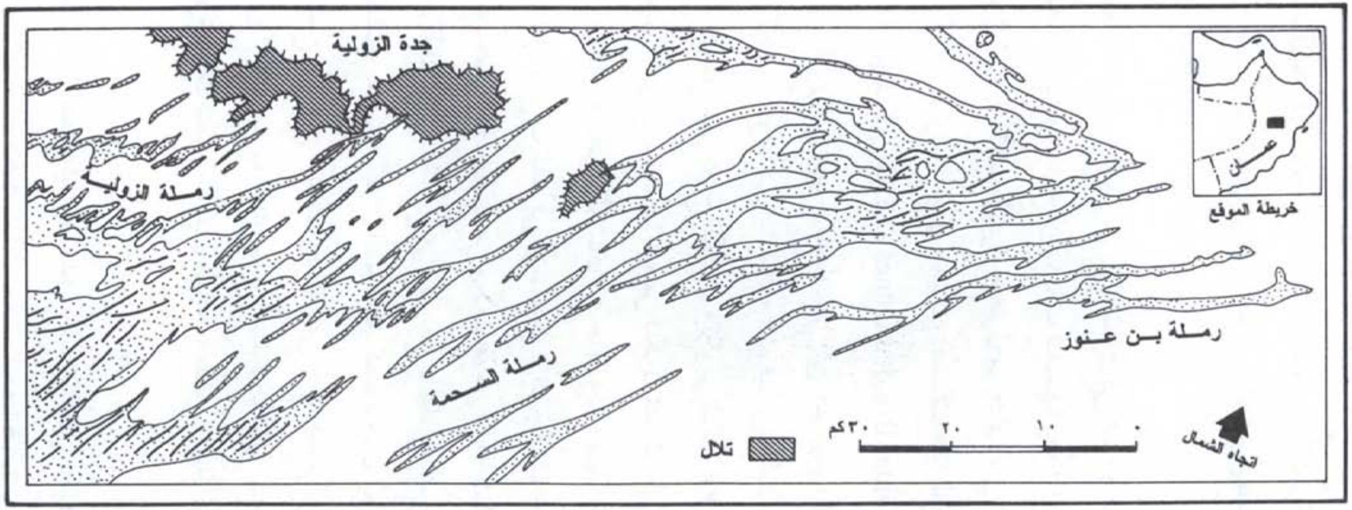
تتوزع الكثبان الطولية فى موقعين مختلفين فى النطاق الجنوبى، وتختلف الكثبان فى كل موقع عن بقية الكثبان الطولية فى النطاقين السابقين.

يتوزع النوع الأول من الكثبان على الحدود بين كل من عمان واليمن والسعودية ويطلق عليها العروق وتزيد أطوالها عن ٣٠٠ كم على طول الحدود بين الدول الثلاثة، ويطلق على العروق الممتدة بين السعودية وعمان العروق المعترضة وتمتد داخل إحدى السبخات التى تصل أطرافها داخل الأراضى العمانية، ويبلغ طول هذه العروق داخل الأراضى العمانية أكثر من ٨٠كم. وتتراوح إنحرافات محاورها بين ١٤ْ ، ٦١ْ أى أن أتجاهاتها تتراوح بين الشمالية والشمالية الشرقية، وتتدرج انحرافات محاور الكثبان بالزيادة بالإتجاه صوب الغرب حيث يبلغ انحراف محاور الكثبان



المصدر : وزارة التنمية الإقليمية والبيئة

لوحة رقم (٤) خريطة مصورة توضح الكثبان الرملية جنوب وجنوب شرق سبخة أم السميم والجزء الجنوبي من السبخة، كما توضح اللوحة تغير نوع الكثبان من كثبان هلالية إلى كثبان نجمية عنقودية ثم إلى كثبان طولية في رملة بن عنوز.

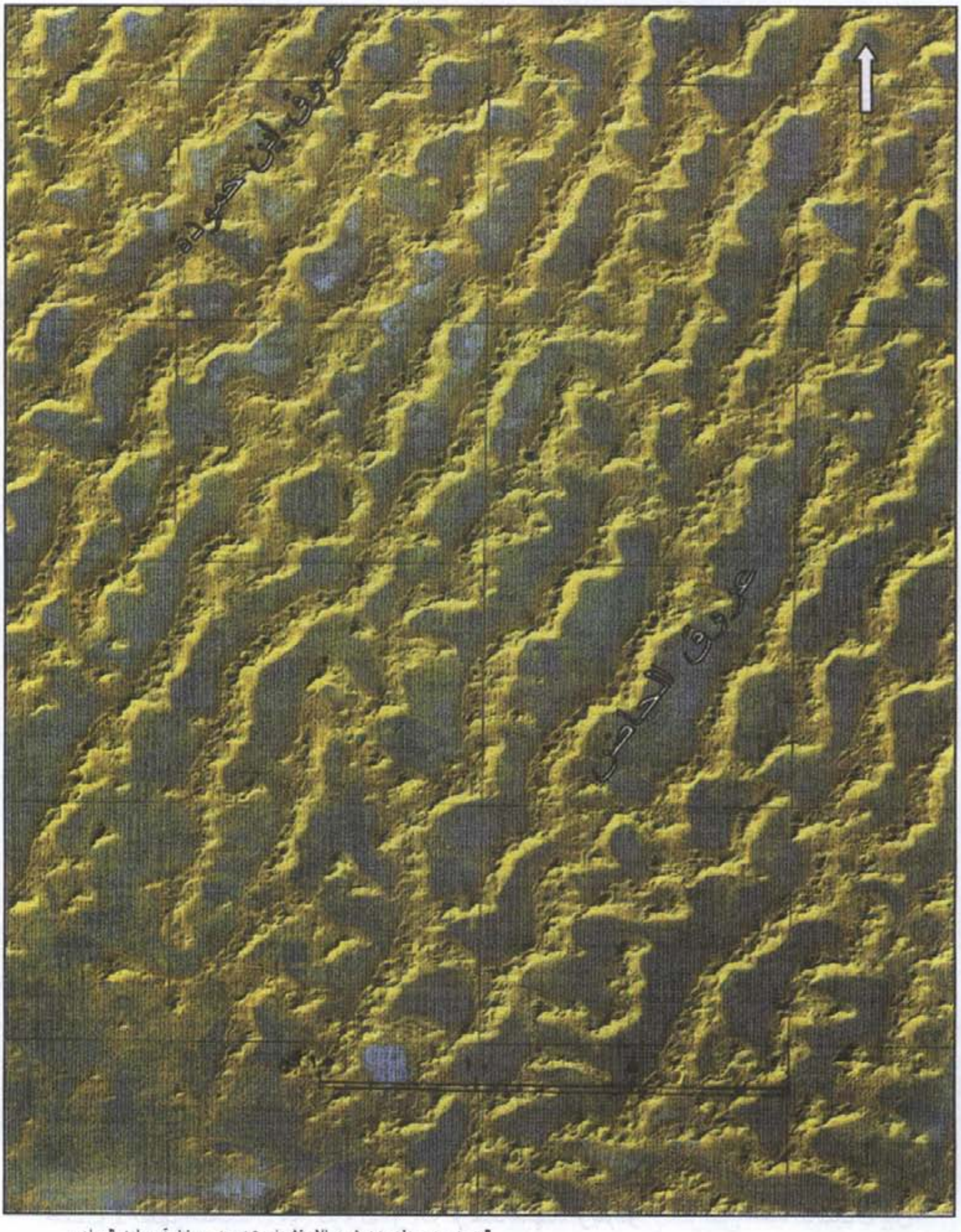


شكل (١٠) انحراف الكثبان الطولية في رمال بن عنوز والسحمة والزولية ونمط اندماجها.

الطولية فى رملة المعذغذك ١٤° شمال رملة فسد، ثم تتحول المحاور بالتدريج فيبلغ انحرافها عن الشمال ٢٤° فى رملة شمال ميتان، ثم يزداد الانحراف مرة أخرى فيبلغ ٤٢° فى عروق بن حموده، وتتوالى زيادة انحراف المحاور ليصل انحرافها ٦١° فى الأراضى اليمنية والسعودية.

وتتمثل هذه الكثبان من الغرب إلى الشرق فى عروق بن حموده وعروق الحاض ورملة المعذغذك، وتتراوح ارتفاعات قممها بين ١٠٠ - ١٦٠ متر، كما يتراوح عرضها بين ٠,٥ - ٣ كم، ويتراوح طول موجاتها بين ١ - ٣,٥ كم وتتزايد أطوال الموجات بالإتجاه صوب الشرق . ويمكن تصنيف هذا النمط من الكثبان على أنها كثبان طولية مجدولة ومعقدة Longitudinal Braided Dunes وتقع هذه الكثبان تحت تأثير نظامين من الرياح متعامدين إلى حد كبير. فالرياح السائدة التى تؤدى إلى امتداد الكثبان طولياً هى الشمالية الشرقية ويتعامد عليها الرياح الغربية والشمالية الغربية فتعمل على تعرج الكثبان وتكوين شكلاً هلالياً لهذه التعرجات. وأحياناً تتصل بعض العروق ببعضها البعض لتكون نمط شبكى من الكثبان كما هو الحال فى عروق الحاض، وتتكون الكثبان من حافة حادة متعرجة ووجه حر رئيسى فى الغالب فى جهة الجنوب الشرقى بينما يتكون الوجه المواجه للرياح فى الجهة الشمالية الغربية ويتكون هذا الجانب من مجموعة من الحافات الهلالية الشكل التى تظهر موازية للحافة الرئيسية وتتدرج فى الأرتفاع باتجاه الحافة الرئيسية، كما تتكون على بعض هذه القمم بعض الكثبان النجمية، كما تتكون ايضاً فى أراضى ما بين الكثبان عندما تتسع وتسمح بتكونها خاصة فى جهة الشرق والجنوب من النطاق (لوحة رقم ٥)، وبالإتجاه صوب الجنوب مع أمتداد الكثبان تشح الرمال وتحت تأثير الرياح المتعددة الإتجاهات تتكون الكثبان النجمية بصورة متناثرة سيأتى الحديث عنها فى جزء لاحق.

وتوضح المرئيات الفضائية أن هذه الكثبان الطولية تطورت عن الكثبان العرضية التى تمتد على مساحة كبيرة فى رمال الربع الخالى وتمتد فى اتجاه شمالى



المصدر : معدله عن قسم الاستشعار عن بعد ، وزارة موارد المياه .

لوحة رقم (٥) خريطة مصورة للركن الجنوبي الغربي من عمان توضح الكثبان الطولية وتحولها إلى كثبان نجمية في الطرف الجنوبي من اللوحة ويطلق عليها في هذا الموقع عروق ابن حمودة وعروق الحاض.

غربى - جنوبى شرقى أى تكاد تكون متعامدة على اتجاه هذه الكثبان الطولية ، وتشير بعض الدراسات إلى أنه يمكن أن تشتق الكثبان الطولية من الكثبان العرضية تحت تأثير نظم الرياح المختلفة ، كما يمكن أن تتكون ما يطلق عليه Bedform من خلال تداخل الكثبان العرضية والطولية معاً وبتوالى تزايد الرمال فيما بين الكثبان يتكون هذا الشكل (Wilson,1971) ويقترب شكل الكثبان فى الجزء الغربى من ذلك حيث تقل المسافات الأرضية فيما بين الكثبان وتمتلئ بالرمال.

النوع الثانى من الكثبان الطولية فى النطاق الجنوبى يمتد على حدود النطاق من جهة الجنوب وتتجه فى الإتجاه الشمالى الشرقى - الجنوبى الغربى، وتتمثل هذه الكثبان فى رمال أم ديسيس ورملة أم العريض ورملة مفل ورملة الهول ورملة مقشن ورملة الهنش ورملة أم الهسا ورملة أم الحياة ورملة مشاش ورملة يبلا ورملة اجمه ورملة قرله ورملة غنيم، وتتراوح ارتفاعات الكثبان بين ١٥ - ٦٠ متر.

ويختلف نمط هذه الكثبان عن بقية الكثبان السابقة حيث يمكن أن تصنف على أنها من نوع المشواه Longitudinal Gridiron حيث تتوالى القمم فى شكل منفصل وبيضاوية الشكل ومحدبة ولايظهر لها حافة رئيسية بينما يتكون عليها العديد من الأوجه الحرة لكثبان هلالية متتالية ومتلاحمة ويوضحها الجزء السفلى من لوحة رقم (١١)، وتظهر هذه الأشكال المحدبة البيضاوية على طول هذه الكثبان وتتباعد عن بعضها البعض بالإتجاه شمالاً. وتبدأ الكثبان بفرشة رملية كبيرة مموجة وتتكون بعدها مجموعة من الحافات تتجمع مع بعضها البعض لتكون بعد ذلك حافة واحدة تظهر عليها هذه القمم البيضاوية. ويصل طول بعض هذه الكثبان أكثر من ٤٠ كم فى رملة أم ديسيس ومقشن، كما تنتشر فى أراضى سبخية تحيط بها من كل جانب ويبدو أن هذه السبخات قد أثرت على الكثبان وأظهرتها فى هذا الشكل البيضاوى المحدب حيث لايظهر للكثبان أى قرون أو أذرع تمتد منها. ويتراوح عرض هذه الكثبان بين ٠,٥ - ٢ كم، كما تتراوح أطوال موجاتها بين ١ - ٢ كم، وتنحرف اتجاهات محاورها عن الشمال بزاوية قدرها ٢٢٣°. وتتأثر هذه الكثبان ببعض التلال الحصوية

قليلة الارتفاع على حدود جدة الحراسيس حيث تعترض طريقها إلا أن الكثبان تواصل امتدادها فيما بين هذه التلال، كما تتكون فى هذه الأجزاء وفى ظلال التلال بعض الفرشات الرملية التى تتكون عليها بعض الكثبان الصغيرة التى لايزيد ارتفاعها عن ٢ متر.

ب - الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية النجمية:

تغطى الكثبان النجمية حوالى ٨,٥٪ من بين أنواع الكثبان فى صحارى العالم (Fryberger &Goudi, 1981) ، وتختلف المناطق التى تتوزع بها الكثبان النجمية من بحر رمال لآخر. وتغطى الكثبان النجمية المساحة الأكبر فى منطقة الدراسة مقارنة ببقية الأنواع حيث تغطى أكثر من ٤٨ ٪ من مساحة الأشكال الرملية فى غرب عمان وتحتل بذلك المرتبة الأولى بين كثبان المنطقة. وتوصف الكثبان النجمية بأنها ذات قمة نقطية حادة هرمية الشكل ذات أذرع إشعاعية، وسوف نصف خصائصها المورفولوجية بثلاث متغيرات هى طول الموجه وقطرها وارتفاع قممها عن الأرض المحيطة بها ويوضح الشكل رقم (٩) هذه المتغيرات. وتتوزع الكثبان النجمية فى منطقة الدراسة فى النطاقات الثلاثةالتى قسمت إليها المنطقة ، وبتحليل الخصائص المورفولوجية والمورفومترية للكثبان النجمية اتضح أنها تختلف فى كل نطاق عن الآخر، وفيما يلى سوف نلقى الضوء على أهم الخصائص المورفولوجية وتحليل أبعاد الكثبان النجمية موزعة على النطاقات الثلاثة:

الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية النجمية فى النطاق الشمالى:

الكثبان النجمية فى النطاق الشمالى من النوع المعقد حيث تتكون منطبعة على الكثبان الطولية، وتتكون الكثبان النجمية إلى الشمال قليلاً من جبل حفيت إلا أنها تبدو مبعثرة وقليلة وتسود فى هذا الجزء الكثبان الطولية بوضوح. وبالإتجاه جنوباً تزداد الكثبان النجمية ظهوراً ووضوحاً وكثافة، وتمتد فى شكل طولى على امتداد الكثيب الطولى ويمكن أن نصنفها فى الجزء الشمالى بأنها من النوع المنعزل، بينما

بالإتجاه جنوباً تزداد كثافتها وتوزع بصورة غير منتظمة ومندمجة، وتمثل ارتفاعات هذه الكثبان نفس ارتفاعات الكثبان الطولية حيث يبلغ متوسط ارتفاعها ٥٠ متر.

وتتمثل الكثبان النجمية فى رملة الواحة غرب جبل حفيت ورملة بن دوى ورملة أم الحفيل ورملة صحم ورملة الديما ورملة القافى وعرق سليل وعرق قطاره وأسلاب الشرقى وأسلاب الغربى.

وتختلف الكثبان النجمية فى أحجامها وخصائصها حيث تظهر أكبر الكثبان النجمية فى عرق سليل وعرق قطاره ورملة آشار، وتتكون الكثبان النجمية من قمة مركزية ومن ثلاث إلى أربع أذرع، ونادراً ما تتكون خمس أذرع وقد ظهر هذا النوع فى عرق سليل فى أكبر الكثبان النجمية حجماً (لوحة رقم ٣)، ويزداد طول الأذرع وتعرجها عندما يزداد حجم الكثبان، وتتراوح أطوال أذرع الكثبان بين ١ , ٠ - ١كم، وتتجه الأذرع الرئيسية بإنحراف عن الشمال بزاوية مقدارها ٤٥ْ، بينما الأذرع الثانوية تنحرف عن الشمال بزاوية مقدارها ٣٣٠ْ تقريباً. وتتباين أطوال الموجات بين أجزاء هذا النطاق فتتراوح فى الجزء الواقع إلى الغرب وجنوب غرب جبل حفيت بين ٥ , ٠ - ٢ , ١ كم بين الكثبان التى تتجمع فى منطقة واحدة، كما تتراوح أطوال الموجات بالإتجاه جنوباً فى نفس النطاق بين ٣ , ٠ - ٥ , ١ كم. وتتقارب الكثبان ويقل طول موجاتها كلما صغر حجمها بينما يزداد طول الموجه كلما كبر حجم الكثبان مما يؤكد العلاقة التى أشرنا إليها من قبل والتى تشير إلى أن العلاقة ضعيفة بين حجم الكثيب وطول الموجه (Breed Grow, 1979) إلا أن مرئيات الفضاء فى هذا النطاق تشير إلى علاقة واضحة بين حجم الكثبان وأطوال موجاتها.

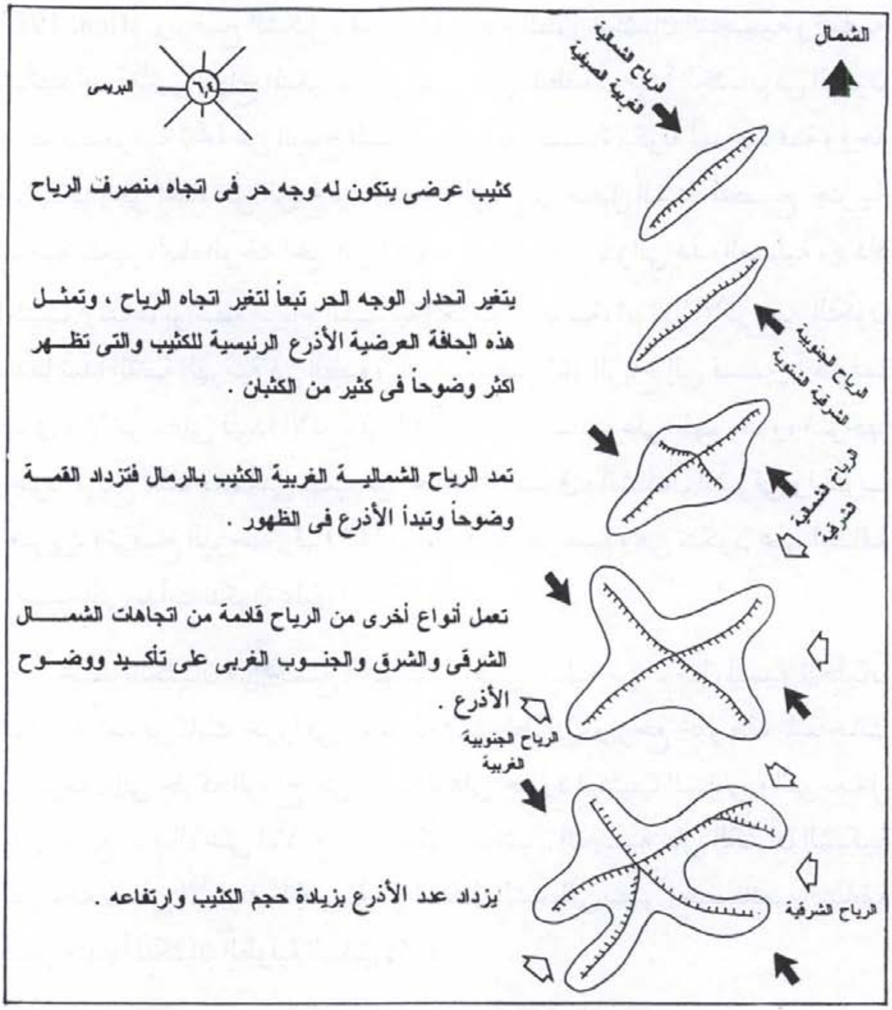
وتتأثر الكثبان النجمية فى هذا النطاق بأكثر من نظام للرياح تختلف اتجاهاتها بين فصول السنة مما يؤكد فرضية تكون الكثبان النجمية لتعدد نظم واتجاهات الرياح وتوضحها بيانات المناخ فى محطة البريمى، وتشير فرضية تعدد نظم الرياح Multi modal wind Regime Hypothesis إلى أن الكثبان النجمية تنشأ تحت تأثير نظم

معقدة ومتعددة خاصة خلال الشهور التى يحدث فيها حركة الرمال، كما ينمو الشكل الهرمى لكثيب رأسياً نتيجة للرمال القادمة من اتجاهات متعددة للرياح (Al-len, 1983)، ويوضح الشكل رقم (١١) نموذج لتطور الكثبان النجمية وكيفية نشأتها تحت تأثير الرياح المتغيرة التى تهب على المنطقة. وتبدأ الكثبان فى التكون بحافة مستعرضة ناتجة عن الرياح الشمالية الغربية الصيفية مكونة لها خط قمة ووجه حر ينحدر فى اتجاه ظل الرياح وعند تغير الرياح فى فصل الشتاء لتصبح جنوبية شرقية يتغير اتجاه الوجه الحر إلى الجهة المعاكسة، وتتوالى هذه العملية ويزداد الكثيب ارتفاعاً بواسطة الرياح الشمالية الغربية والغربية، ثم تبدأ الأذرع فى التكون عندما تبدأ القمة الهرمية فى الظهور حيث ينفصل تيار الرياح إلى قسمين أحدهما علوى والآخر سفلى فتبدأ الأذرع فى التكون ، كما يساعد على ظهورها ووضوحها وجود الرياح المساعدة التى تهب من اتجاهات الشرق والشمال الشرقى والجنوب الغربى، وتوضح اللوحة رقم (٩) أحد الأذرع الفرعية وهى تتكون على الحافة الرئيسية التى بدأت تتكون عليها القمة.

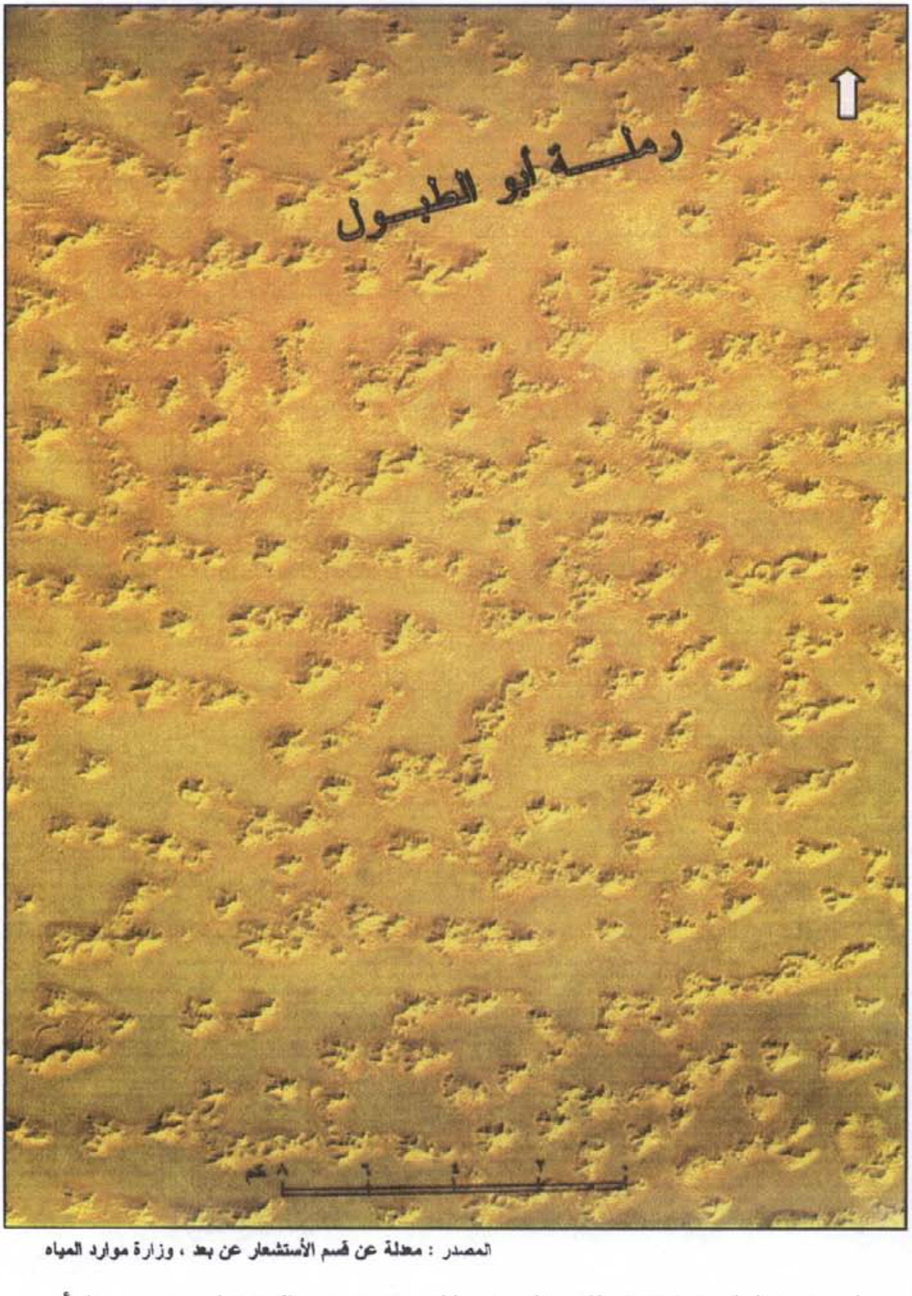
وتحيط بالكثبان من جميع الجهات أراضى خالية من الرمال لتبدو الكثبان النجمية كما لو كانت جزراً فى وسط الكثيب الطولى، ويرجع خلو هذه المساحات من الرمال إلى حركة الرياح التى تتحرك على حدود الكثيب السفلى والتى تعمل على تجميع الرمال على الأذرع. كما تتكون الكثبان النجمية على الكثبان الشبكية التى تتكون على الأطراف الجنوبية من النطاق الشمالى بنفس الخصائص السابقة وتمثل امتداداً للكثبان الطولية السابق ذكرها.

الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية النجمية فى النطاق الأوسط:

تتكون الكثبان النجمية فى هذا النطاق إلى الجنوب من سبخة أم السميم حيث تتغير الكثبان الهلالية والمتطورة عنها إلى كثبان نجمية بصورة مفاجئة وفاصل واضح بينها، وتتمثل هذه الكثبان فى رملة أبو الطبول وأم الطبول والغافة والغربانيات



شكل (١١) نموذج لتطور الكثبان النجمية في منطقة الدراسة



المصدر : معدلة عن قسم الأستشعار عن بعد ، وزارة موارد المياه

لوحة رقم (٦) مرئية فضائية للقمر الصناعي لاندسات توضح الكثبان النجمية في رمال أبو الطبول، كما توضح اللوحة انتظام الكثبان النجمية في سلاسل متوازية في بعض المواقع.

والزولية والسحمه وأبو العروق. وتمتد هذه الكثبان على طول الحدود بين عمان والسعودية وداخل الأراضى العمانية . وتتكون الكثبان النجمية فى هذا النطاق بشكل غير منتظم فى بعض الأجزاء بينما تتحول إلى سلاسل متوازية فى أجزاء أخرى، وتتكون الكثبان النجمية على امتداد القرون الغربية للكثبان الهلالية والمتطورة عنها فى اتجاه صوب الجنوب الغربى فى رملة أبو الطبول وتظهر هذه الكثبان فى صورة سلاسل غير منتظمة وتتكون من ثلاثة إلى أربعة أذرع غير متساوية الطول حيث الأذرع الرئيسية تبدو أكثر طولاً عن الأذرع الثانوية، وتنحرف الأذرع الرئيسية عن الشمال بزاوية قدرها ٤٥° تقريباً، بينما الأذرع الثانوية تتغير اتجاهاتها بزوايا مختلفة وتأخذ اتجاهاً شرقى - غربى فى الغالب (لوحة رقم ٦). وبالاتجاه جنوباً فى هذا النطاق تتحول الكثبان النجمية فى رملة الغافة وأم الطبول إلى سلاسل متوازية تتجه من الغرب إلى الشرق ثم من الجنوب الغربى إلى الشمال الشرقى، وتتكون هذه الكثبان على امتداد الكثبان العرضية التى تمثل جزءاً كبيراً من رمال الربع الخالى والتى تمتد فى اتجاه شرق الجنوب الشرقى - غرب الشمال الغربى داخل الأراضى السعودية.

وتختلف أطوال موجات الكثبان فى الاتجاهات المختلفة حيث تقل فى اتجاه امتداد السلاسل وتتصل مع بعضها البعض، بينما تتباعد الكثبان فى اتجاه عمودى على اتجاه السلاسل وتنفصل فى كثير من الأحيان تاركة أراضى خالية من الرمال. وتتراوح أطوال الموجات بين ٨, ٠ - ٥, ٣ كم فى الاتجاه من الشمال الشرقى إلى الجنوب الغربى، بينما تتراوح أطوال الموجات بين ٥, ١ - ٢ كم بالاتجاه من الغرب إلى الشرق. كما تتراوح أطوال الأذرع بين ٣, ٠ - ٨, ٠ كم، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٦٠ - ١٢٠ متر، وتظهر الكثبان ذات قمم مركزية إلا أن شكل الكثيب يميل إلى الإستطالة.

ويصبح اتجاه سلاسل الكثبان النجمية فى جنوب النطاق شمالى شرقى -

جنوبى غربى، وتتراوح زاوية انحرافها عن اتجاه الشمال بين ٢٢٠ْ - ٢٣٢ْ، كما تتراوح أطوال موجاتها بين ١,٥ - ٥ كم فى الاتجاه الجنوبى الشرقى - الشمالى الغربى ، بينما تتراوح أطوال موجاتها بين ١ - ٢ كم فى الاتجاه الشمالى الشرقى - الجنوبى الغربى، وتتراوح أطوال أذرعها بين ٠,٣ - ١,٥ كم، كما تتراوح ارتفاعات قممها بين ٥٠ - ١٢٠ متر.

وتتكون الكثبان النجمية فى هذا النطاق تحت تأثير نظم مختلفة من الرياح حيث تمتد الكثبان من منطقة تتكون بها كثبان هلالية وعرضية لتدخل ضمن منطقة أخرى (أراضى عمان) قريبة من بحر العرب وتاثرها بنظم أخرى من الرياح مما أدى إلى تكونها، وتعتبر هذه من الطرق التى تتكون بها الكثبان النجمية حيث تنتقل أو تمتد الكثبان من إقليم تسود فيه ظروف تكون كثبان هلالية وعرضية إلى إقليم آخر تتعدد فيه اتجاهات الرياح وتتعقد فيه نظم الرياح فيؤدى ذلك إلى تكون الكثبان النجمية .(Lancaster, 1983)

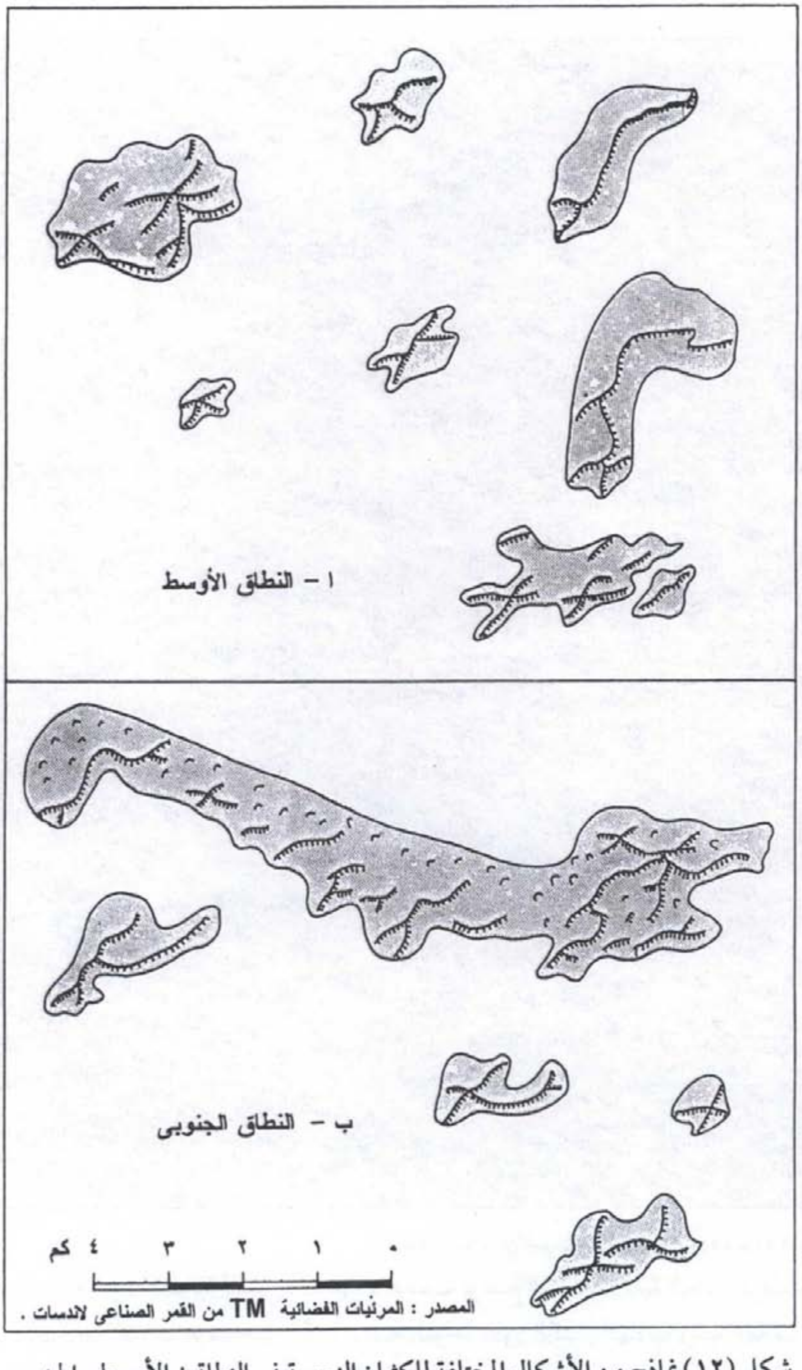
وتتكون الكثبان النجمية هنا بتأثير الرياح الشتوية والصيفية الشمالية والشمالية الغربية التى تؤدى إلى تكون الكثبان الهلالية والعرضية فى الربع الخالى وامتداد أطرافها داخل الأراضى العمانية لتصل إلى قرب بحر العرب وتتأثر بالرياح الشرقية الشتوية القادمة من البحر والرياح الجنوبية الغربية الموسمية والرياح الجنوبية والجنوبية الشرقية مما يؤدى إلى تكون الكثبان النجمية فى هذا النطاق. وتظهر الكثبان النجمية بأذرع متعرجة وتفاوت كبير بين أطوال الأذرع كما لاحظنا من تحليل الأبعاد حيث تبدو الأذرع الرئيسية هى الأكبر وهى تمتد فى اتجاه شمالى شرقى- جنوبى غربى فى شكل حافة عرضية متعرجة، وقد تتكون عليها قمتان أحياناً ثم تتفرع منها الأذرع بعد ذلك. وتتراوح أقطارها بين ٠,٣- ١,٥كم عند أطول قطر وذلك لأن الكثبان فى هذا النطاق ليست دائرية تماماً لأن الأذرع الرئيسية أطول من الأذرع الثانوية لذلك يبدو الكثيب النجمى مائلاً للأستطالة أكثر منه دائرى، ويتضح ذلك من النماذج فى شكل (٢١).

ويوضح شكل (١٢ - ا) نماذج من الأشكال المختلفة من الكثبان النجمية فى النطاق الأوسط حيث تمتد الأذرع الرئيسية كحافة فى اتجاه الشمال الشرقى - الجنوبى الغربى فى صورة حافة متعرجة أقرب إلى الهلالية الشكل، ويتكون لها جانب مواجه للرياح تتكون عليه أوجه حرة متعددة ثم يتفرع الطرف الجنوبى إلى أكثر من فرع مكوناً الكثيب النجمى، ويحدث ذلك فى بداية تكون الكثبان النجمية، وبالإتجاه جنوباً يختفى الشكل الهلالى ويظهر الشكل النجمى المثالى صغير الحجم متناثر أحياناً أو متلاحم مع بعضها البعض أحياناً أخرى، ويظهر فى هذه الحالة بخمسة أذرع أو ستة أذرع، كما تتفرع الأذرع إلى أذرع ثانوية أخرى.

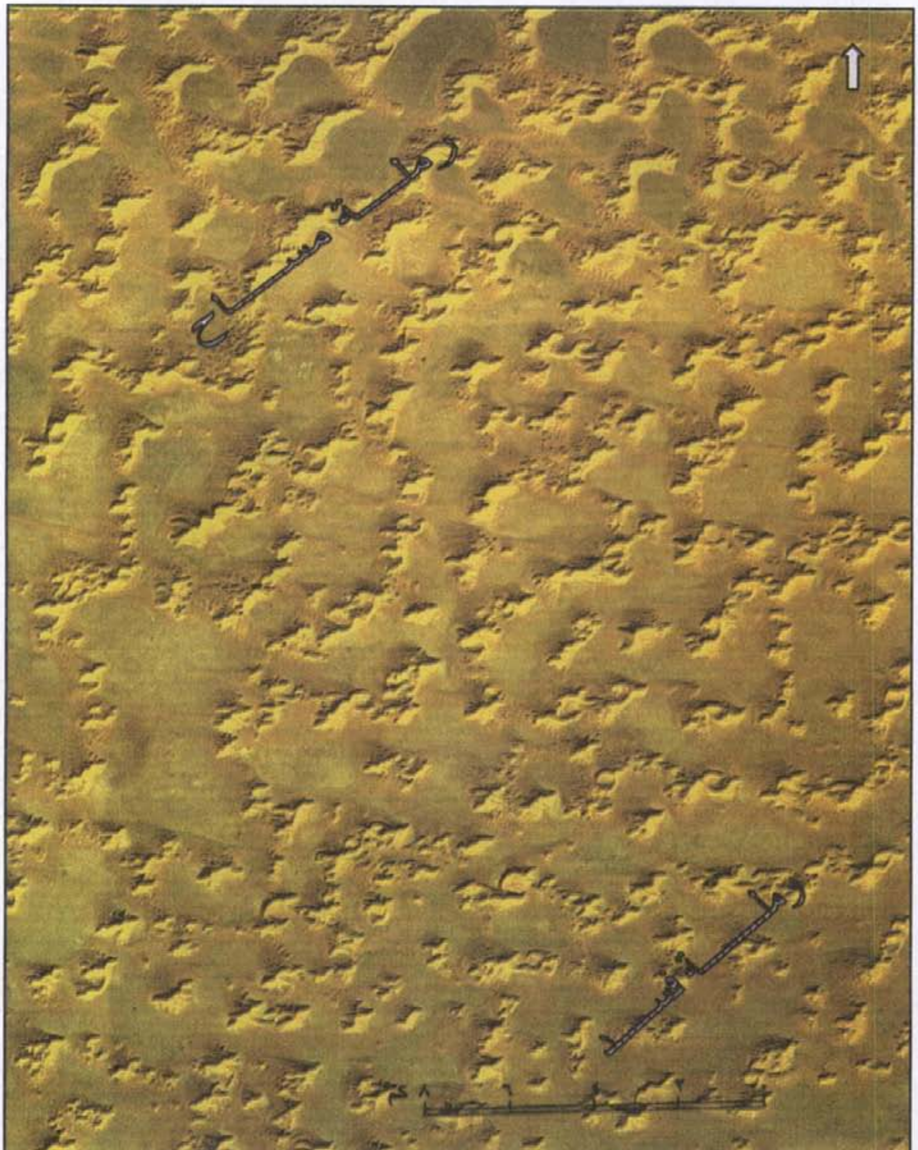
الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية النجمية فى النطاق الجنوبى:

تتحول الكثبان النجمية على امتداد الأطراف الجنوبية الشرقية للكثبان العرضية الضخمة التى يتكون منها جزء كبير من رمال الربع الخالى والتى تمتد فى اتجاه شمالى غربى - جنوبى شرقى. كما تتحول الكثبان العرضية إلى كثبان طولية فى هذا النطاق والتى بدورها تتحول عند اطرافها الجنوبية الغربية إلى كثبان نجمية ايضاً.

وتتكون الكثبان النجمية فى هذا النطاق على امتداد الكثبان الطولية والعرضية ومع اتجاه منصرف الرياح تشح الرمال، وتتكون نتيجة لنفس النظم المختلفة للرياح القادمة من بحر العرب والتى أثرت فى كثبان النطاق الأوسط، إضافة إلى السهول المنبسطة والمترامية الأطراف التى تساعد على تكونها. وتظهر الكثبان فى شرق النطاق بصورة كثيفة وغير منتظمة أحياناً والبعض فى شكل خطى، كما تظهر أحياناً فى شكل مثلثى. وتتمثل هذه الكثبان النجمية فيما يعرف برملة موسى والشجاج ورملة حمرور والعروق، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٩ -١١٠ متر، وتتكون هذه الكثبان على امتداد قرون الكثبان الهلالية الشكل التى تتكون منها الكثبان العرضية بالقرب من الحدود العمانية السعودية، ويتراوح قطر الكثبان فى هذه الرمال بين ٣, ٠-٢ كم، وهى تقترب من الشكل الدائرى اكثر مقارنة بالنجمى فى النطاق الأوسط. كما



شكل (١٢) نماذج من الأشكال المختلفة للكثبان النجمية في النطاقين الأوسط والجنوبي.



المصدر : معدلة عن قسم الأستشعار عن بعد ، وزارة موارد المياه .

لوحة رقم (٧) مرئية فضائية للقمر الصناعي لاندسات توضح الكثبان الرملية النجمية لرملة مساح ورملة فسد في جنوب غرب عمان، كما توضح اللوحة تطور الكثبان الهلالية وشبه الهلالية إلى كثبان نجمية.

يتكون لها ٤ - ٥ أذرع غير متساوية الطول فى الغالب، كما يتراوح طول الموجة بين ١ - ٥ , ٢ كم.

ويتكون على الطرف الجنوبى الغربى لهذا النطاق الكثبان النجمية على امتداد الكثبان الطولية وتظهر بشكل متناثر وغير منتظم، ويتمثل فى رملة جديلة ورملة ميتان ورملة فسد (لوحة رقم ٧)، وتتراوح ارتفاعات قممها بين ٨٠ - ١٠٠ متر، وتقل ارتفاعاتها بالاتجاه جنوباً فتبلغ ٣٠ متر فى رملة فسد، وتتأثر الكثبان فى هذا الجزء من النطاق بالأودية التى تنحدر من جبال ظفار مثل وادى نكدة ورقه وتعرف هذه المنطقة نكود شيهان . وتتراوح أطوال موجات الكثبان بين ١ - ٥ , ٢ كم، وتزداد كثافتها بوضوح فى رملة فسد ، كما تختلف أحجامها فتقل بالاتجاه صوب الجنوب، وتتراوح أقطارها بين ٣ , ٠ - ٥ , ١ كم. ويتكون لها عدد يتراوح بين ٣ - ٤ أذرع غير متساوية فى أطوالها.

ويوضح الشكل (١٢ - ب) نماذج من الكثبان النجمية فى النطاق الجنوبى وهى لاتختلف كثيراً عن الشكل فى النطاق الأوسط حيث تبدأ الكثبان النجمية فى التكون على امتداد قرون الكثبان الهلالية الشكل فى شمال النطاق وتكون متصلة مع بعضها البعض، وبالإتجاه جنوباً تبدأ الكثبان الهلالية الشكل فى الإختفاء لتظهر الأشكال النجمية بحافات عرضية طويلة تمثل الأذرع الرئيسية وتكون فى الإتجاه الشمالى الشرقى - الجنوبى الغربى، ثم تتكون عليها أذرع منحنية جهة الشرق والغرب، ويظهر الكثيب النجمى الأصغر حجماً متماثلاً من حيث طول أذرعه، بينما كلما كبر الكثيب ظهر بصورة غير منتظمة وامتدت أذرعه وتعرجت لتكون فى بعض الأحيان أذرع أخرى.

كما تتكون الكثان النجمية ايضاً فى هذا النطاق على قمم بعض الكثبان الطولية والعرضية وبالتالى تصبح من النوع المعقد، كما تتكون ايضاً فى الممرات الخالية من الرمال بين الكثبان الطولية التى يصل عرضها احياناً أربعة كيلومترات مما يتيح لها التكون فى هذه الأجزاء.

ج - الخصائص المورفولوجية لنمط الكثبان الرملية الشبكية

استخدم مصطلح الكثبان الشبكية فى العديد من الدراسات ومنها:

Melton, 1940 ; Mabbutt, 1968 ; Mabbatt & Wooding, Cooke et al, 1993 ; Warren & Key, 1987 .

كما استخدم إمبابى تعبير الكثبان المتعامدة Rectangular Dunes لدراسة نفس النمط فى دولة الامارات (Embabi, 1991). وتتكون الكثبان الشبكية من أنظمة متداخلة عادة تكون لكثبان عرضية وتقع تحت تأثير رياح متغيرة خلال فصول السنة، وقد تصبح كثيفة لتغطى جميع الأراضى التى تتوزع عليها فى حالة وجود مورد دائم ووفير للرمال، وتترك فيما بينها سطح الأرض ظاهراً فيما بين خلاياها. كما تتكون أيضا الكثبان الشبكية فى حالة الكثبان الهلالية الثابتة نتيجة لتغير نظم الرياح خلال الفصول . وقد أوضحت دراسة Warren & Key, 1987 أن الكثبان الشبكية تتكون بواسطة رياح قوية تكون كثبان عرضية ، ثم تتكون عليها كثبان عرضية أخرى متقاطعة معها بواسطة رياح مختلفة الإتجاه فى فصل آخر.

وتتوزع الكثبان الشبكية فى منطقة الدراسة على مساحة قليلة حيث تتوزع فى مساحة ١٣ كم ٢ بنسبة ٠٣ , ٠ ٪ من مساحة المنطقة. ويتكون فى المنطقة نمطين مختلفين من الكثبان الشبكية. يتكون النمط الأول من الكثبان الشبكية فى جنوب النطاق الشمالى وهو نمط متطور عن الكثبان الطولية المركبة حيث تمتد الكثبان الطولية فى اتجاه ينحرف عن الشمال بزاوية ٣٠٠ْ وتمثل الكثبان الطولية الرئيسية وتتكون تحت تأثير الرياح الشمالية الغربية الصيفية، ونتيجة لتغير الرياح فى فصل الشتاء لتصبح الرياح شمالية تمتد بعض الفروع من الكثبان الطولية الرئيسية فى صورة فروع صغيرة تصل بين الكثبان وتنحرف هذه الأفرع عن الشمال بزاوية ٢٠ْ تقريباً فتبدو الكثبان فى هذا الجزء من النطاق فى صورة شبكية. وتتراوح أبعاد

أضلاعها بين ٢ - ٥ كم، كما تتراوح ارتفاعاتها بين ٥٠ - ١٠٠ متر، ويزداد ارتفاع الكثبان فى منطقة سبخية تعرف بسبخة أم براز وسبخة قصويرة حيث تعمل السبخات على زيادة ارتفاعاتها. وتتمثل الكثبان الشبكية فى نقيان سلام وتتراوح ارتفاعاتها بين ٥٠ - ٧٠ متر، وفى دروع مقرضة ومتوسط ارتفاعها ٥٠ متر.

ويتكون إلى الشرق من الكثبان الشبكية أشكال مختلفة من الكثبان تتناثر بدون انتظام وبدون شكل واضح وتأخذ اتجاهات مختلفة وتمثل امتداداً للكثبان الشبكية، ومن هذه الكثبان أسلاب الغربى ويبدو فى شكل كثيب هلالى عكسى وتتكون عليه العديد من الكثبان النجمية. وتقل ارتفاعات هذه الكثبان بالإتجاه صوب الجنوب الشرقى مثل رملة مهين ورملة جده، كما تتكون بعض الكثبان الطولية القصيرة بمحاذاة الاتجاه الفرعى للكثبان الشبكية ويبلغ متوسط ارتفاعها حوالى ٥٥ متر وهى تمتد موازية تقريباً لمجرى وادى العين الحد الجنوبى لرمال النطاق الشمالى.

النمط الثانى من الكثبان الشبكية يوجد فى شمال النطاق الأوسط إلى غرب وجنوب غرب سبخة أم السميم، وتوجد فى الجزء الذى تنتشر فيه الكثبان الهلالية والمتطورة عنها حيث تتصل قرون هذه الكثبان مكونة كثبان شبكية تاركة فيما بين أضلاعها أراضى خالية من الرمال، وتتكون هذه الكثبان على امتداد سبخة أم السميم. كما تظهر عمليات اتصال القرون مع بعضها البعض إلى ظهور كثبان ما يسمى بخطاف السمك Fish Hook Dunes حيث تمتد أحد قرون الكثبان الهلالية بصورة واضحة عن القرن الآخر مما يؤدى إلى ظهور الكثيب فى صورة خطاف. وسوف توضح أبعاد هذه الكثبان ضمن تحليل مورفولوجية الكثبان الهلالية والمتطورة عنها فى جزء لاحق.

د - الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية الهلالية وشبه الهلالية:

تتكون الكثبان الهلالية الشكل من جسم الكثيب الذى يتكون من جانب قليل

الإنحدار فى اتجاه الرياح وجانب آخر هو الوجه الحر فى ظل الرياح، كما تتكون من قرنين يمتدان فى اتجاه منصرف الرياح، وتتوزع الكثبان الهلالية بين كثبان بسيطة ومركبة ومعقدة، كما تختلف أحجامها ومعدلات حركتها تبعاً لظروف عديدة متنوعة منها وفرة الرمال وسرعة الرياح والظروف الطبيعية للسطح. وقد تتطور هذه الكثبان إلى ما يعرف Barchanoid Dunes وسوف نستخدم تعبير الكثبان شبه الهلالية للدلالة على هذه الكثبان حيث تتكون من حافة متصلة من الكثبان الهلالية الشكل وتتلاحم قرونها لتكون حلقات دائرية أشار إليها إمبابى بتعبير Scalloped Ridges (Embabi,1991) ، كما يمكن أن نصنفها أيضاً على أنها نمط من الكثبان الشبكية.

وتغطى الكثبان الهلالية والمتطورة عنها ما يقرب من ٣ , ٤ ٪ من المساحة التى تغطيها أنواع الكثبان فى منطقة الدراسة. وتتوزع فى النطاق الأوسط فقط، وتوجد الكثبان إلى الغرب والجنوب الغربى من سبخة أم السميم ويطلق عليها رملة ام السميم، وتتكون الكثبان الهلالية على الأطراف الشمالية لهذا النطاق وداخل السبخة ، وتتراوح أطوالها بين ٨ , ٠ - ٥ , ٢ كم، كما يتراوح عرضها بين ١ - ٦ كم، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٧٠ - ١٠٠ متر عن سطح السبخة المحيطة بها وهى من الكثبان الضخمة Mega Barchan، وتظهر موجاتها غير منتظمة فى أطوالها بسبب وجودها على سطح السبخة وتأثرها بالرطوبة والملوحة وتغيراتها من فصل لآخر. وتنحرف زوايا المحور الطولى للكثبان عن الشمال بزاوية ٣٤٣° أى اتجاه شمال الشمال الغربى بمحاذاة الجانب الغربى للسبخة.

وبالإتجاه صوب الجنوب والجنوب الغربى تتحول الكثبان الهلالية القليلة إلى كثبان أكبر حجماً وعدداً كما أنها تتصل مع بعضها البعض مكونة الكثبان المتطورة عن الهلالى. وتظهر هذه الكثبان فى صورة شبكة ، وتكون القرون الشرقية للكثبان حافات تتجه صوب الجنوب الشرقى بزاوية تنحرف عن الشمال ٣٠٠°، وتتراوح

أطوال موجاتها بين ٥ , ١ - ٣ كم، كما تكون القرون الغربية حافات أخرى تتجه صوب الجنوب الغربي، وينحرف محور اتجاهها عن الشمال بزاوية ٢٧° تقريباً، وتتراوح أطوال موجاتها بين ٥ , ٢ - ٣ كم، كما تتراوح ارتفاعات قممها بين ١٠٠- ١٣٠ متر مما يوضح ازدياد ارتفاع الكثبان بالإتجاه صوب الجنوب والجنوب الشرقى. وتظهر بعض هذه الكثبان فى صورة متحجرة نتيجة لرطوبة السبخة وزيادة تكوينات الجبس فى هذا الجزء من السبخة، وتتكون على امتداد هذه الكثبان صوب الجنوب الشرقى من السبخة رمال حاروس ورملة الرول ورملة الطويق وهى رمال غير منتظمة ولا تتحدد فى نمط معين ويرجع ذلك إلى أن الرمال تعترضها منطقة تلال وحافات طوف دهم والغبر وتنتشر الرمال فى ظلالها وأعلاها فى صورة كثبان صاعدة وظلال للحافات أو ما يعرف بكثبان الصدى وهى توجد إلى الجنوب الشرقى من هذه التلال.

وتتكون هذه الكثبان بواسطة الرياح الشمالية الغربية الصيفية والتى تتحول إلى رياح شمالية فى الشتاء وتؤثر على امتداد قرونها.

هـ - الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية القبابية DOME DUNES:

يطلق تعبير الكثبان القبابية على الأشكال الرملية المحدبة السطح التى ليس لها وجه حر وتتكون من رمال ناعمة ذات حجم متماثل تقريباً كما تشير دراسات عديدة لذلك مثل:

Mainguet & Callot,1978; Breed & Grow, 1979; Cooke et al, 1993.

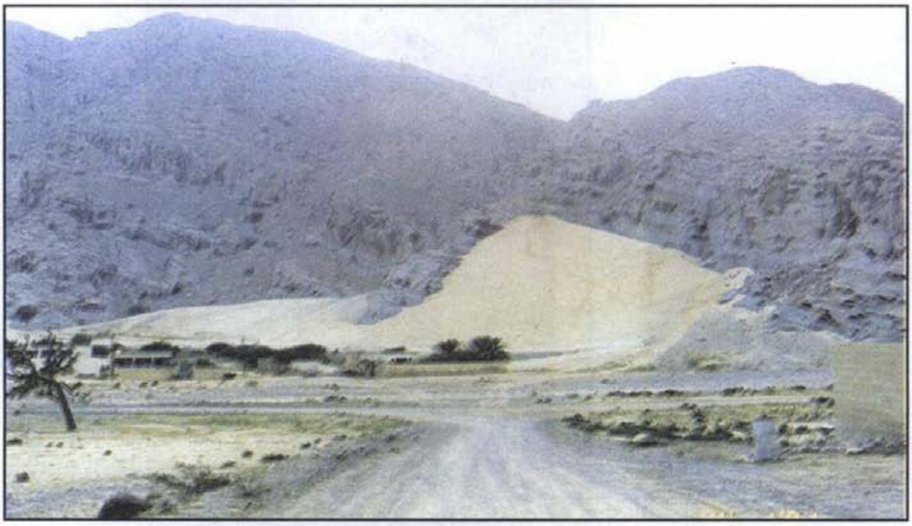
ويختلف استخدام تعبير الكثبان القبابية من مكان لآخر حيث يستخدم أحيانا بديلاً عن تعبير الزبار Zibars (وهى المحدبات التى تكون فى بدايات الكثبان الطولية) كما فى العراق وأجزاء أخرى من العالم Jawad (Al Ani, 1983)، كما يمكن أن يستخدم للرمال المستوية مختلفة الأحجام كما فى أريزونا وكاليفورنيا

(Tsoar,1986) ، ويطلق أحيـاناً على الكثبـان النجـمـيـة قـصيـرة الأذرع كـمـا فى السعـودية (Holm,1953 Breed & Grow,1979) ويطلق على الكثبـان القبـابية الكثير من المسميات مثل:
.Ovoid, Cake-Like, Galettes, Dunes En Tas, Boncliers

كما تختلف ارتفاعاتها كثيراً بين متر أو مترين إلى عشرات الأمتار لتضاهى فى ذلك الكثبان من الأنواع الأخرى المختلفة.

وتتكون الكثبان القبابية على الحدود الجنوبية للنطاق الجنوبى وجزء من النطاق الأوسط، وتغطى مساحة تقدر بحوالى ٣٨٨٧ كم٢ أى حوالى ٦, ٧٪ من المساحة التى تغطيها الكثبان فى المنطقة. وتظهر فى شكل محدب وتتساوى فيها الإنحدارات من جميع الجهات تقريباً وهى فى الغالب تكون دائرية الشكل إلا أنها قليلة الظهور فى منطقة الدراسة، بينما معظم المحدبات فى المنطقة تميل إلى الشكل الطولى وتتصل أحياناً مع بعـضهـا البعض مكونة شكلاً أقرب إلى الكثبان الطولـية . وتظهر هذه الكثبان بشكل محدب يخلو من وجه حر رئيسى أو أى قرون أو أذرع، بينما يتكون عليهـا العديد من الأوجه الحرة الصـغيرة المتـتاليـة ذات الشكل الهلالى (لوحة رقم١٠).

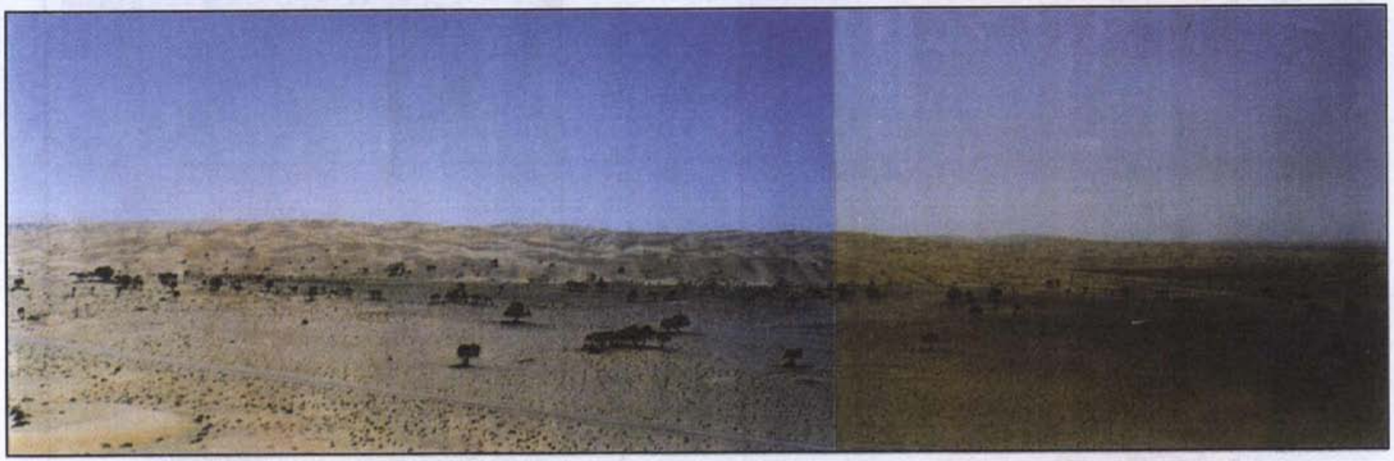
وتتراوح أقطار الكثبان القبابية الدائرية بين ٤ , ٠ - ٢ , ١ كم، بينما المحدبات الطولية تتراوح أطوالها بين ٨ , ٠ - ٥ , ٣ كم ، ويتراوح عرضها بين ٣ , ٠ - ١ كم، كما تتراوح أطوال موجاتها بين ١ - ٣ كم. وتمثل الكثبان القبابية فى النطاق الأوسط فى رملة أم الحسا ورملة أم الحياة ٤٩، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٣٠ - ١٠٠ متر. كما تتمثل الكثبـان القبابية فى النطاق الجنوبى فى رملة أم العريض ورملة مشاش ورملة جبـلا ورملة قـارله ورملة أم ديسيس ورملة مقـشن ورملة السـحمـة ، وتتـراوح ارتفاعاتها بين ١٥ - ٩٠ متر وتقل ارتفاعاتها بالإتجاه صوب الجنوب الشرقى.



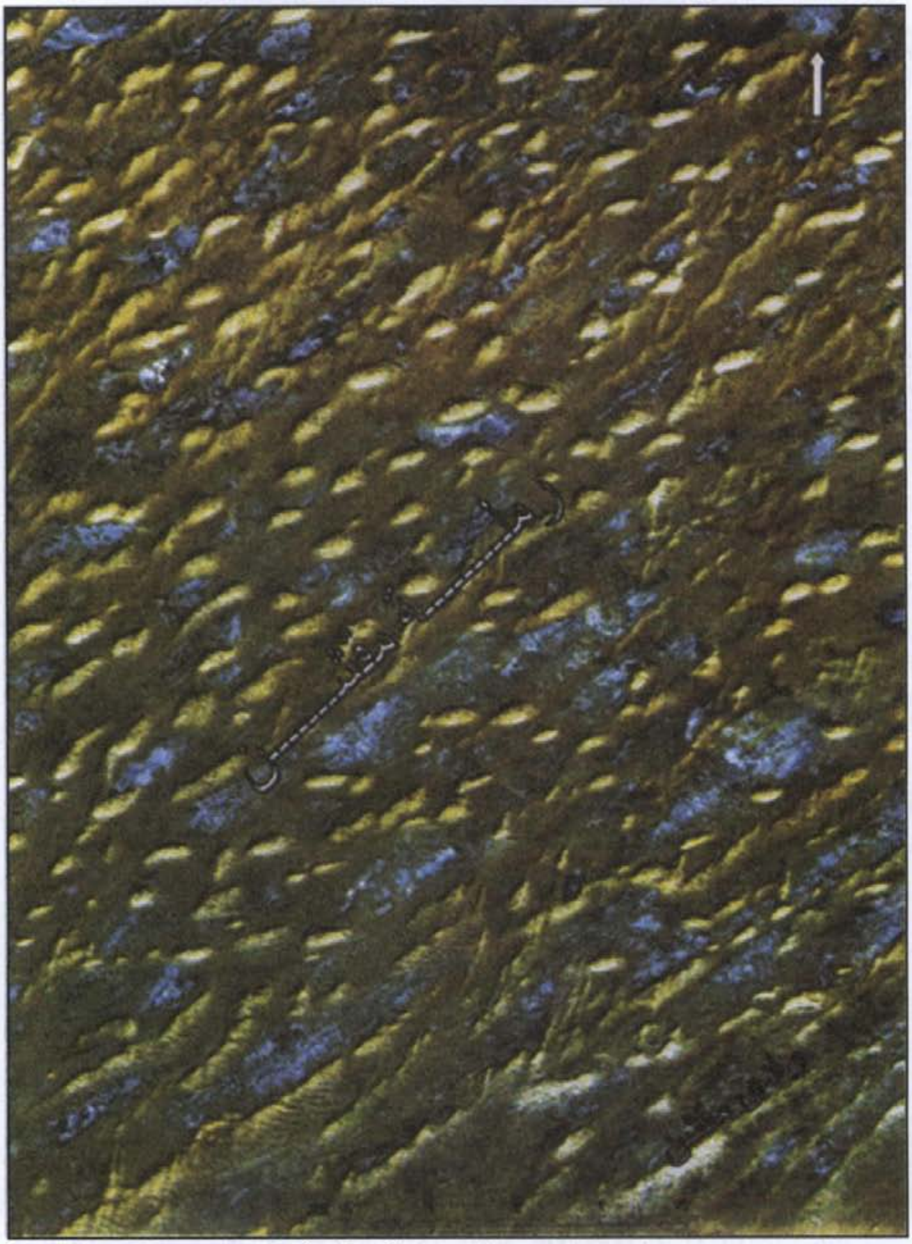
لوحة رقم (٨) كثبان صاعدة على جبال الحجر في غمضاء - ناظراً صوب الشرق.



لوحة رقم (٩) أحد أذرع الكثبان النجمية في طريقها للتكون وتظهر متعامدة على الأذرع الرئيسية



لوحة رقم (١٠) توضح الكثبان القبابية في النطاق الجنوبي ويظهر عليها أوجه حرة متعددة وصغيرة دون وضوح حافة أو قمة رئيسي.



المصدر : معدلة عن قسم الأستشعار عن بعد ، وزارة موارد المياه .

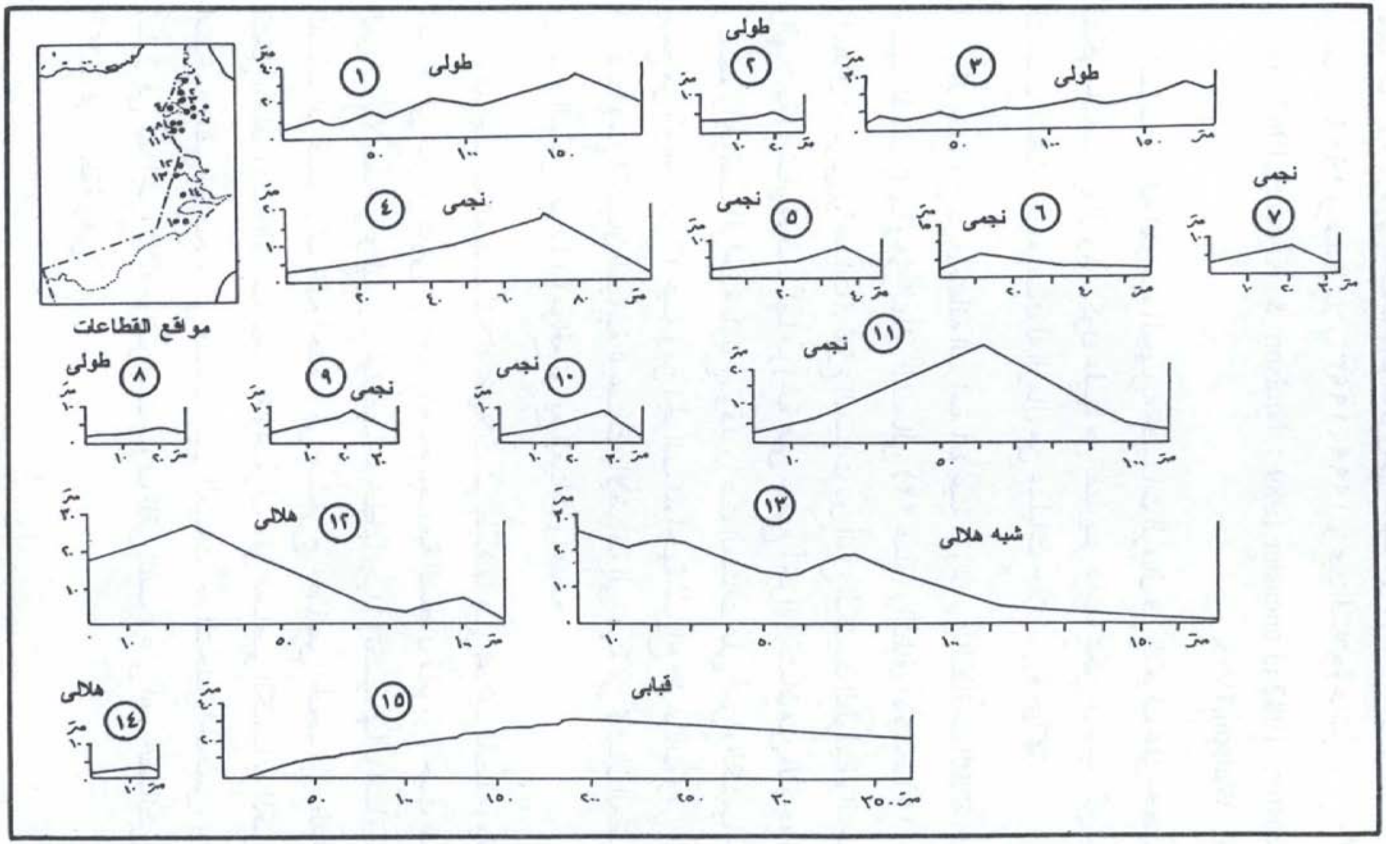
لوحة رقم (١١) مرئية فضائية للقمر الصناعي لاندسات توضح الكثبان الرملية القبابية في رملة مقشن، وتظهر الكثبان في شكلها المحدب، كما يوضح اللون الأزرق السبخات التي تحيط بها وتعمل على تثبيت الكثبان.

وتتداخل الكثبان القبابية مع الكثبان النجمية فى المنطقة الإنتقالية بينهما على طول النطاقين الأوسط والجنوبى، وقد تتحول الكثبان القبابية إلى كثبان نجمية. ويرجع الشكل القبابى لهذه الكثبان لوجودها فى منطقة سبخية هى سبخة القلقاد وسبخة مقشن وسبخة ملحيت وهى تحيط بها من جميع الجهات لتظهر الكثبان كما لو كانت جزراً فى وسط السبخة (لوحة رقم١١). وتعمل رطوبة السبخات على تثبيت الكثبان وعرقلة امتدادها مما يحول دون تكون قرون أو امتدادات لأى نوع آخر من الكثبان، وكلما توجهنا صوب الشمال كلما قل أثر السبخات فتبدأ الكثبان النجمية فى الظهور.

ويوضح الشكل رقم (١٣) نماذج من قطاعات جوانب الكثبان فى النطاقين الشمالى والأوسط، ويمكن ملاحظة الشكل الهرمى حاد القمة فى الكثبان النجمية (قطاع رقم ٥، ٩، ١٠، ١١)، كما يمكن ملاحظة الشكل القبابى فى القطاع رقم (١٥) وتدرج الاوجه الحرة على أحد الجوانب دون الآخر.

رابعاً: الخصائص الطبيعية والمجهرية لرمال الكثبان

تعتبر دراسة الخصائص الطبيعية والمجهرية للرمال أحد أهم جوانب دراسة الكثبان الرملية. و بدراسة خصائص توزيع أحجام الرمال وتصنيفها على الأنواع المختلفة من الكثبان الرملية وعلى أجزائها بين القمة والوجه الحر والجانب المواجه للرياح والأراضى ما بين الكثبان الرملية يمكن أن نستخلص بعض النتائج الدالة على قدرة الرياح السائدة التى كونت الكثبان وكيف تمت عملية الإرساب عليها. ومن أهم المعايير التى يتم بها دراسة خصائص الرمال على الكثبان هى دراسة الاختلافات المكانية لأحجام الرمال وتصنيفها، بالإضافة إلى الاختلافات فى الحجم والتوزيع على أجزاء الكثيب الواحد. وتأتى الدراسة للتأكيد أو الاختلاف فى الحقائق التى أوضحتها دراسات عديدة عن خصائص الرمال حيث لا تكاد دراسة للكثبان أن



شكل (١٣) نماذج لقطاعات السفوح على الكثبان الرملية في منطقة الدراسة ومواقعها.

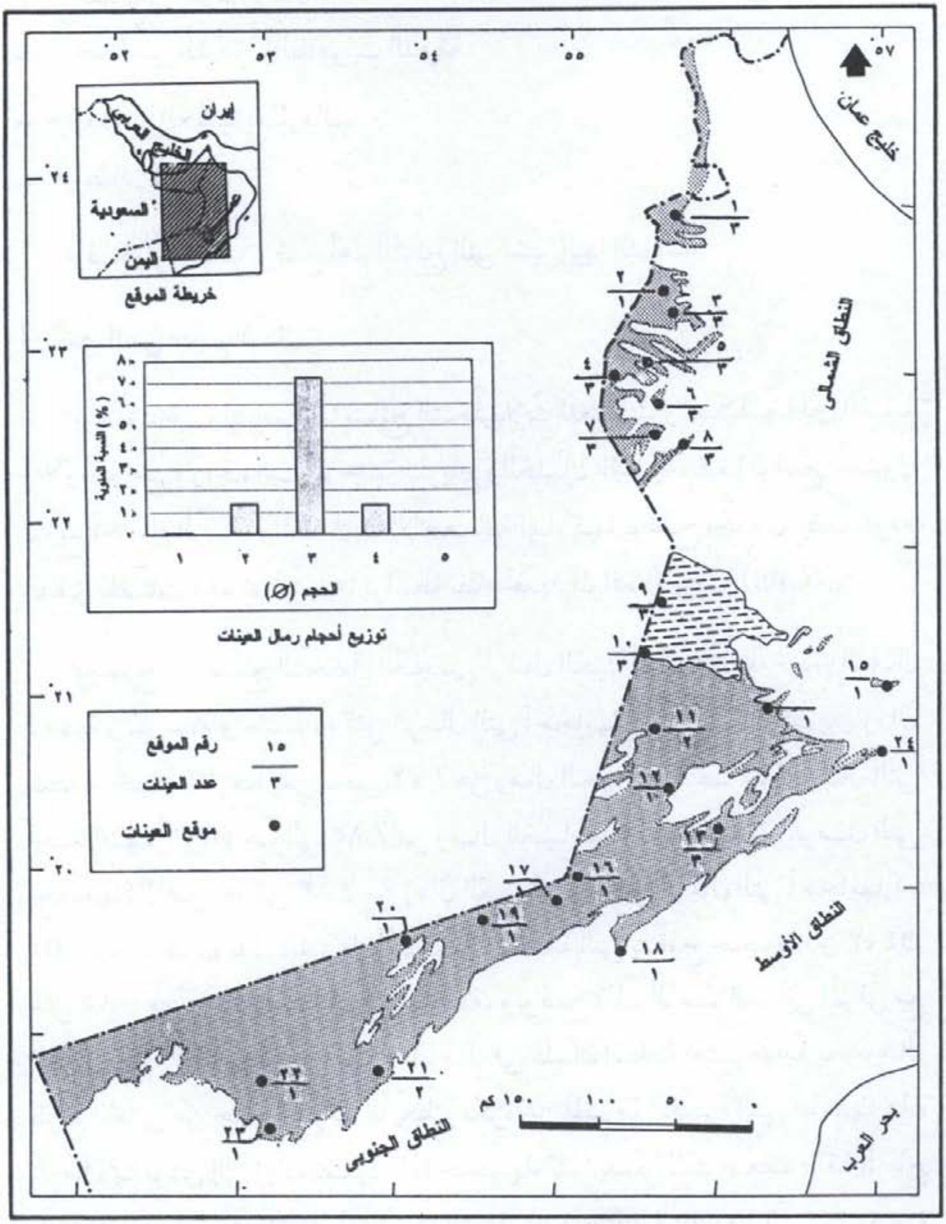
تخلو من الإشارة إلى أحجام الرمال وهى كثير، ومن هذه الدراسات: امبابى وعاشور، ١٩٨٩ و عبد السلام، ١٩٩٣، ١٩٩٩ و عبد السلام وعاشور، ٢٠٠٠ .

Lancaster, 1982 ; Lancaster,1989 ; Nielson & Kocurek,1987 Folk, 1971; Watson,1993.

كما تستخدم الدراسة المجهرية لحبيبات الرمال فى التعرف على خصائص الشكل لحبات الرمال وما يتكون عليها من تضاريس دقيقة يمكن أن تشير إلى بيئات الترسيب السابقة وما تعرضت له الرمال من عمليات خلال دورة حياتها.

وقد جمع من كثبان منطقة الدراسة ٤٦ عينة موزعة بين النطاقات الثلاثة التى تم تقسيم المنطقة إليها وهى النطاق الشمالى (٢٢ عينة) والنطاق الأوسط (١٥ عينة) والنطاق الجنوبى (٩عينات). توزع العينات بين أنواع الكثبان الطولية والنجمية والهلالية والقبابية، كما أنها موزعة على جميع أجزاء الكثبان من الأوجه الحرة والقمم والجوانب المواجهة للرياح. وقد وزعت العينات على أجزاء الكثيب حيث جمع من الوجه الحر ١٢ عينة ومن الجوانب المواجهة للرياح١٠ عينات ومن القمم ١٨ عينة ومن الكثبان القبابية ٥ عينات بالإضافة إلى عينة من كثبان العقبات، ويوضح الشكل رقم (١٤) مواقع توزيع العينات وأعدادها.

وقد جهزت العينات لثلاثة تحليلات تم تطبيقها على عينات المنطقة، وقد تم تنفيذها فى معامل كليتى الزراعة والعلوم بجامعة السلطان قابوس، حيث غسلت العينات بالأحماض والمياه وتم تجفيفها ثم خلطها جيداً وتقسيمها بواسطة مقسم العينات إلى قسمين استخدم أحدهما فى استخراج خصائص الحجم بواسطة عملية النخل الجاف، بينما الدراسة المجهرية والتعرف على العناصر الكيميائية المكونة لها استخدم بعض الأحجام التى قسمت إليها العينات بعد التحليل الحجمى، وسوف نتناول فى هذا الجزء ثلاثة موضوعات سوف تلقى الضوء على أهم خصائص رمال الكثبان فى المنطقة وهى:



شكل (١٤) توزيع مواقع عينات الرواسب

أ - خصائص حجم الرمال.

ب - خصائص الشكل والظاهرات الدقيقة.

ج - العناصر الكيميائية للرمال.

د - مصادر الرمال.

وفيما يلى سوف نوضح أهم النتائج التى تشير إليها الدراسة:

أ - خصائص حجم الرمال:

يوضح الجدول رقم (٦) نتائج التحليلات للعينات وتصنيفها بين القمم والأوجه الحرة والجوانب المواجهة للرياح والكثبان القبابية، كما يوضح الجدول توزيع أحجام الرمال والمعاملات الإحصائية لها، كما يوضح الجدول أيضاً الموقع الدقيق للعينات وقد تم تحديدها بواسطة نظام تحديد المواقع الأرضية (GPS).

ويتضح من نتائج التحليل الحجمى لرمال العينات أنها تتراوح بين الرمال الناعمة والمتوسطة والخشنة ، وتمثل الرمال التى أحجامها Ø٣ النسبة الأكبر بين رمال المنطقة حيث تمثل ما يقرب من ٧٢ ٪ من رمال العينات، كما تمثل الرمال التى أحجامها Ø٣،٢ حوالى ٨٥ ٪ من رمال العينات، بينما أحجام الرمال التى أحجامها٤ ؟ تمثل حوالى ١٣ ٪ من رمال العينات، ولا تمثل الرمال التى أحجامها ١ ، Ø٥ نسبة تذكر. ويدل ذلك على أن الرمال الناعمة التى يتراوح حجمها بين ٣، Ø٤ تمثل ٨٥ ٪ من رمال الكثبان فى المنطقة، ويوضح ذلك الرسم البيانى المرفق مع الشكل رقم (١٤). ويفسر ذلك أن الرمال فى كثبان المنطقة تعتبر نهاية بحر رمال الربع الخالى من جهة الجنوب مما يعطى فكرة عن المسافة الكبيرة التى قطعتها هذه الرمال مما يؤدى إلى زيادة تفتتها وقلة حجمها، كما يفسر ذلك ضعف طاقة الرياح بالاتجاه جنوباً حيث نلاحظ أن الوحدات المتجهة Vector Unites التى تمثل كمية الرمال المتوقع تحركها تقل بالاتجاه صوب الجنوب حيث تبلغ ٧٠٣ وحدة فى شمال

الجزيرة العربية وتتدرج بالانخفاض جنوباً فتتراوح بين ١٠٠، ٢٠٠ وحدة فى منطقة الدراسة (Fryberger, 1984). ويتراوح حجم الرمال فى المنطقة بين ٨٨, ١Ø إلى ١٣, ٣Ø بمتوسط قدره ٦, ٢Ø أى الرمال ناعمة وانحراف معيارى ٢٤, ٠Ø، كما يتراوح معامل تصنيفها بين ١٦, ٠Ø إلى ٩, ٢Ø بمتوسط قدره ٦١, ٠Ø وانحراف

جدول (٦) الخصائص الطبيعية لرمال الكثبان غرب وجنوب غرب عمان

رقم العينة	الموقع	الموقع الجغرافى طول	الموقع الجغرافى عرض	٠ Ø	١ Ø	٢ Ø	٣ Ø	٤ Ø	٥ Ø	الوسيط Ø	المتوسط Ø	التصنيف Ø	الميل Ø	التفلطح Ø
١/١	غربى	٥٥ ٤٥,٠٧١	٢٣ ٤٩,٩٤١	٠	٠,٣	١٣,٧١	٧١,٣٣	١٤,٨٦	٠,٠٧	Ø	٢,٦٥	٢,٩	٠,١٨-	١,٨
½	قمة	"	"	٠	٠	٠	٩٨,٠٩	١,٩١	٠	٢,٥	٢,٤٧	٠,٥٥	٠,٣٣-	١,١١
٣/١	شرقى	"	"	٠	٠	٠	٨٩,٧٩	١٠,٢١	٠	٢,٦	٢,٥٢	٠,٥٧	٠,٤٣-	١,١
١/٢	شرقى	٥٥ ٤٠,٠٢٤	٢٣ ٢٧,٤٨٣	٠,٠٢	٠,١٨	٤٢,٦١	٤٢,٣٨	١٤,٤٤	٠,٣٧	٢,٢	٢,٣	٠,٧	٠,٢٨	٠,٩٩
١/٣	شرقى	٥٥ ٤٤,٠٤٢	٢٣ ٢٨,٠٩٦	٠	٠	١١,١٢	٧٣,٢٧	١٥,٢٧	٠,٣٤	٢,٧	٢,٧	٠,٥١	٠,٠٨-	٢,١٣
٢/٣	قمة	"	"	٠	٠	٠	٩٢,٠٦	٧,٩٤	٠	٢,٦	٢,٥٢	٠,٥٦	٠,٤٣-	١,٢
٣/٣	غربى	"	"	٠	٠	١١,١٤	٧٧,٤٤	١١,٤٢	٠	٢,٧٥	٢,٦٨	٠,٥	٠,٣-	١,٧١
١/٤	شرقى	٥٥ ١٣,٦٤٥	٢٢ ٥٥,٤٣٣	٠	٠	٠	٩١,٣٧	٨,٥٩	٠,٠٤	٢,٥	٢,٥	٠,٦	١	١,٢
٢/٤	قمة	"	"	٠	٠	٠,١١	٩٣,٤٥	٦,٤٤	٠	٢,٨٥	٢,٨٢	٠,١٩	٠,٣٦-	٢,٠٥
٣/٤	غرب	"	"	٠	٠	١,٤٥	٨٤,٤٣	١٣,٩٥	٠,١٧	٢,٩	٢,٨٦	٠,٢٩	٠	٢,٠٥
١/٥	شرق	٥٥ ٢٨,٧٣٩	٢٢ ٥٢,٦٧١	٠	٠	٣٦,٨٣	٥٥,٢١	٧,٩٣	٠,٠٣	٢,٣	٢,٢٧	٠,٦٦	٠,٣٦-	٠,٩٦
٢/٥	غربى	"	"	٠	٠	١٠,٩١	٨٦,٢٨	٢,٨١	٠	٢,٧	٢,٦٧	٠,٣٧	٠,٤٥-	١,٣٩
٣/٥	قمة	"	"	٠	٠	١,٢٧	٩١,٣٥	٧,٣٨	٠	٢,٨٥	٢,٨٢	٠,١٨	٠,٣٦-	٢,٠٥
١/٦	قمة	٥٥ ٤١,٣٨٨	٢٢ ٤١,١٥٠	٠	٠	١٤,٨٩	٨٢,٥٧	٢,٥٤	٠	٢,٦٥	٢,٦	٠,٤٤	٠,٤٨-	١,٣٤
٢/٦	شرقى	"	"	٠	٠,٠١	٢٢,٦١	٧١,٦٨	٥,٦٧	٠,٠٣	٢,٥	٢,٤	٠,٥٢	٠,٢١-	٠,٩٧
٣/٦	غربى	"	"	٠	٠,٠٢	٢١,١٧	٧٧,٣٩	١,٤٢	٠	٢,٦	٢,٥٢	١,٩١	٠,٤١-	٠,٨٢
١/٧	غربى	٥٥ ٤٠,٤٢٥	٢٢ ٤١,٣١٤	٠	٠	١٢,٤٢	٧٤,٤١	١٣,١٧	٠	٢,٧	٢,٩٥	٠,٥٣	٠,٢-	١,٥١
٢/٧	شرقى	"	"	٠	٠,٢٣	١٧,٧١	٧٢,٨٢	٩,٠٧	٠,١٧	٢,٦	٢,٥٥	٠,٤٧	٠,٣٤-	١,٢٩
٣/٧	قمة	"	"	٠	٠	١٢,٥٩	٨١,٨١	٥,٦	٠	٢,٧	٢,٦٢	٠,٤٣	٠,٤٥-	١,٤٩
١/٨	شرقى	٥٥ ٤٧,١١٣	٢٢ ٣٨,٢٦٠	٠,٠١	٠,٧٩	٣١,٣٥	٥٩,٨٦	٧,٩٩	٠	٢,٤	٢,٣٧	٠,٥٧	٠,١٨-	٠,٨٢
٢/٨	قمة	"	"	٠	٠,٥٨	٧٥,٨٧	١٩,٥٢	٤,٠٣	٠	١,٩	١,٨٨	٠,٣٥	٠,٠٩-	٠,٢١
٣/٨	غرب	"	"	٠	٠,٣	٤٠,٠١	٥٣,٨٤	٥,٨٥	٠	٢,٢٥	٢,٢٨	٠,٥٧	٠,٤١	٠,٨٢
١/٩	شرقى	٥٥ ٣٦,١٨٩	٢١ ٣٦,٧٥٩	٠	٠	١٤,٧١	٨٢,٥٩	٢,٥٤	٠,١٦	٢,٧	٢,٦٢	٠,٤٥	٠,٤٧-	١,٤١
٢/٩	قمة	"	"	٠	٠	١٩,٤١	٧٨,٥٢	٢,٠٥	٠,٠٢	٢,٦	٢,٥٥	٠,٥٤	٠,٤٧-	١,١٩
٣/٩	غرب	"	"	٠	٠	٣,٠٧	٩٣,٢٦	٣,٤٩	٠,١٨	٢,٨	٢,٧٧	٠,٢٣	٠,٣٧-	١,٤٣
١/١٠	شرق	٥٥ ٢٨,١٦٣	٢١ ٢٢,٥٦٢	٠	٠,٠٥	٢٦,٣١	٥٠,٢٢	٢٢,٣٦	١,٠٦	٢,٦	٢,٥٢	٠,٧٧	٠,٠٥	٠,٩٧
٢/١٠	شرقى	"	"	٠	٠	٦,١٣	٧٤,٨	١٨,١٦	٠,٩١	٢,٨	٢,٧٥	٠,٤٢	٠,٠٨-	١,٩١
٣/١٠	قمة	"	"	٠	٠	٠	٩٩,٢	٠,٨	٠	٢,٥٥	٢,٤٨	٠,٥٤	٠,٤٦-	١,١١
١/١١	قمة	٥٥ ٢٥,٦٢٧	٢٠ ٤١,٧٢٤	٠	٠,٣١	١٦,٦٥	٦٩,٨١	١٣,٠٣	٠,٢	٢,٧	٢,٦٣	٠,٥٥	٠,١٦-	١,٥
٢/١١	غرب	"	"	٠	١٠,١٤	٤٨,٢٢	٢١,٥٩	١٨,٣٧	١,٦٨	١,٩	٢,٠٧	١,٠٤	٠,٣٣	١,٠١
١/١٢		٥٥ ٤٠,٣٦٩	٢٠ ٢٩,٦٦٢	٠	٠,١	١٧,٩٩	٧١,٣٨	١٠,٣٢	٠,٢١	٢,٦٥	٢,٥٨	٠,٥٤	٠,٢٥-	١,٤
١/١٣	شرق	٥٥ ٥٨,٧٥٨	٢٠ ٨,٢٢٣	٠	١,٠٣	٢٨,٤٥	٣٤,٨٢	٣٤,٥٩	١,١١	٢,٧	٢,٦٥	٠,٨٩	٠,٠٥	٠,٧٨
٢/١٣	غرب	"	"	٠	٠,١٧	٧,٣١	٤٠,١٨	٥٠,٨٩	١,٣٦	٣,١	٣,١٣	٠,٧٣	٠,٠١-	٠,٨٢
٣/١٣	قمة	"	"	٠	٣	٩,٢٥	٥٣,٩٧	٣٣,٣٧	٠,٤١	٢,٨	٢,٨٣	٠,٧٥	٠,١٢	١,١٨
١/١٤	قمة	٥٦ ٣٠,٢٤٩	٢٠ ٥٢,٤٤٢	٠	٠	٠,٨٦	٩٦,٨٤	٢,١٧	٠,١٣	٢,٨٥	٢,٨٣	٠,١٦	٠,٣٦-	١,٥٦
١/١٥	قمة	٥٧ ١٠,٣٩٤	٢١ ١٠,١٨٩	٠	٠,٠٣	٢,٥٧	٨٣,٤٤	١٣,٩٦	٠	٢,٨٥	٢,٨٢	٠,٣	٠,٠٣	٠,٠٥
١/١٦	قبلية	٥٥ ٢,٦٦١	١٩ ٥٢,٦٨٩	٠	٠,٢٥	٢٨,٠١	٤٢,٠٧	٢٨,٣٤	١,٣٣	٢,٦	٢,٥٧	٠,٨٦	٠,١٥	٠,٨٢
١/١٧	قبلية	٥٥ ٥,٨٩٥	١٩ ٤٧,٣٣٠	٠	٠,٠٢	٠,٠٣	٧٦,٨١	٢٢,٨١	٠,٣٣	٢,٩	٢,٨٧	٠,٣٥	٠,٢٤	٢,٢٥
١/١٨	قمة	-	-	٠	٠,٠٣	١٦,٦٩	٥٨,٦٣	٢٤,٣٢	٠,٣٣	٢,٧٥	٢,٧٢	٠,٦٩	٠,٠٤	١,٢٣
١/١٩	قمة	٥٤ ٣٠,٨٦٤	١٩ ٣٩,٤١٣	٠	٠	٠,٠٤	٩٦,٢	٣,٧٦	٠	٢,٨٥	٢,٨٢	٠,١٨	٠,٣٦-	١,٧٤
١/٢٠	قمة	٥٤ ١٨,١٥٧	١٩ ٣٧,٣٧٦	٠	٠	٠	٩٤,٢٨	٥,٧٢	٠	٢,٦	٢,٥٣	٠,٥٥	٠,٤٢-	١,٢٣
١/٢١	قبلية	٥٣ ٥٥,٤٥٤	١٨ ٤٥,٥٢١	٠	١٥,٣١	٤,٢٤	٢٩,٠٦	٥٠,٥٢	٠,٨٧	٣,١	٣,٠٣	١,١٥	٠,٤٣-	١,٠٢
٢/٢١	قبلية	"	"	٠	٠	٢	٦٧,٣٧	٣٠,٥	٠,١٣	٢,٩	٢,٩٧	٠,٥١	٠,٤	١,١٦
١/٢٢	قمة	٥٣ ١٠,٩٢٧	١٨ ٤١,٣٠٧	٠	٠	٠	٩٤,٧	٥,٣	٠	٢,٦	٢,٥	٠,٥٥	٠,٥٤-	١,١١
١/٢٣	قبلية	٥٣ ٨,٠٥٢	١٨ ٢٢,٢٣٤	٠	٠	٠	٩١,٦	٨,٤	٠	٢,٦	٢,٥٣	٠,٥٦	٠,٨٥-	١,٢٣
١/٢٤	عقبات	-	-	٠	٠	٠,٤٣	٨٩,٢٥	١٠,٣٢	٠	٢,٩	٢,٨٧	٠,١٩	٠,٢٩-	٢,٤٥

معياری ٤٦ , Ø٠ ويشير ذلك إلى أن تصنيف العينات تصنيف متوسط جداً كما يتراوح ميل منحنى التوزيع التكرارى للرمال بين -٨٥, Ø٠ إلى Ø١ بمتوسط قدره - ١٧ , Ø٠ وانحراف معيارى ٣٥ , Ø٠ أى أن ميل منحنى التوزيع ميلاً سالباً أى يميل نحو الرمال الناعمة

جدول (٦) الخصائص الطبيعية لرمال الكثبان غرب وجنوب غرب عمان

وتتركز قيمه فى اتجاه واحد . كما تتراوح قيمة معامل التفلطح بين ٠٥ , Ø٠ إلى ٤٥ , Ø٢ بمتوسط قدره ٣ , Ø١ وانحراف معيارى قدره ٤٩ , Ø٠ ، ويعنى ذلك أن تفلطح منحنى التوزيع تفلطح شديد التدبب أى أن رمال العينات تتركز معظمها فى حجم واحد وهذا ما يؤكد ما أشرنا إليه فى أحجام الرمال قبل قليل.

ويتضح من جدولى (٧، ٨) توزيع أحجام رمال العينات على أجزائها والمعاملات الإحصائية التى أجريت عليها والتى من خلالها يمكن مقارنتها ببعضها البعض واستخلاص خصائصها وتميز كل منها. وتتفق جميع أنواع الكثبان فى وجود أوجه حرة لها (ما عدا الكثبان القبابية) وقمم وجوانب مواجهة للرياح لذلك سوف نفرق بينها فى هذا الجزء دون التعرض لنوعية الكثبان، كذلك لبعض العينات التى جمعت من الكثبان القبابية نظراً لعدم وجود وجه حر أو قمة لها لذلك سوف نشير إلى عيناتها دون تمييز كذلك العينة التى جمعت من خلف بعض العقبات.

وتشير نتائج التحليل إلى أن قمم الكثبان ٥٣ تتميز بأن حجم رمالها ناعمة حيث أن ٨٠ ٪ تقريباً منها تتراوح أحجام رمالها بين ٣، Ø٤ ، بينما حوالى ١٠٪ يبلغ حجم رمالها Ø٢، كما بلغت نسبة الرمال الناعمة التى حجمها Ø٣ حوالى ٩٩٪ من حجم العينة كما فى كثبان أم السميم. وتشير معاملات التصنيف إلى أن رمال القمم أكثر تصنيفاً من بقية أجزاء الكثبان حيث أن أكثر من ٤٤٪ من العينات تصنيفها يتراوح بين التصنيف الجيد والجيد جداً ، كما أن تصنيف ٥٠٪ من العينات متوسط جداً، ويشير ذلك إلى أن درجة تجانس رمال القمم جيدة وتتقارب فى أحجامها. كما

يشير معامل ميل المنحنى التكرارى إلى أن ميل عينات القمم أقرب إلى الميل السالب حيث، وجد أن ٧٧٪ تقريباً من العينات يتراوح ميلها بين الميل السالب والسالب جداً، ويشير ذلك إلى أن تركز أحجام الرمال فى الأحجام الصغيرة بينما ما يقرب من ١٦٪ من العينات ميلها متماثل أى أن توزيع رمالها داخل العينة متماثلاً. ويشير معامل التفلطح إلى أن رمال قمم الكثبان تميل إلى التركز فى حجم معين حيث أن ٧٧٪ منها معامل تفلطحها يتراوح بين التفلطح المدبب وشديد التدبب، بينما العينات التى تفلطحها متوسط التفلطح وشديد التفلطح يبلغ معامل كل منها ١١٪ فقط من حجم العينات.

تأتى رمال عينات الأوجه الحرة فى المرتبة الثانية بعد القمم فى حجم رمالها حيث تتراوح رمالها بين الناعمة والمتوسطة حيث توضح النتائج أن ٧٩٪ من رمال العينات تتراوح أحجامها بين ٣، Ø٤، بينما ١٩٪ من رمال العينات أحجامها Ø٢. وقد بلغت نسبة الرمال الناعمة التى حجمها Ø٣ حوالى ٩١٪ فى كثبان النطاق الشمالى إلا أن معامل تصنيفها أقل من القمم حيث أن تصنيفها بصفة عامة متوسط، فحوالى ٥٠٪ من العينات رمالها ذات تصنيف متوسط جداً بينما حوالى ٢٥٪ تصنيفها جيد والنسبة المتبقية ٢٥٪ تصنيفها متوسط . ويشير معامل ميل منحنى التوزيع التكرارى إلى أن العينات ميلها يتراوح بين السالب والمتماثل، فحوالى ٤٧٪ من العينات يتراوح بين الميل السالب والسالب جداً، بينما ٢٥٪ من رمال العينات ميلها متماثل. كما يشير معامل التفلطح إلى أن حوالى ٤١٪ من رمال العينات تفلطحها بين مدبب وشديد التدبب، بينما ٤١٪ تقريباً ذات تفلطح متوسط، ويشير ذلك إلى أن رمال العينات معظمها يتركز فى حجم متقارب.

وتشير نتائج التحليلات للجوانب المواجهة للرياح أن رمالها تتراوح بين الرمال الناعمة والمتوسطة ، فحوالى ٧١٪ من رمال العينات تتراوح أحجامها بين ٣، Ø٤، بينما حوالى ١٧٪ من رمالها حجمها Ø٢. وتصل نسبة حجم الرمال الناعمة التى حجمها Ø٣ حوالى ٩٣٪ من حجم العينة كما فى رمال أم السميم. كما يتوزع

معامل تصنيف عينات الرمال بين فئات التصنيف بشكل متقارب حيث نجد أن ٤٠٪ من العينات تصنيفها متوسط جداً ومتوسط، بينما ٣٠٪ من العينات تصنيفها جيد وجيد جداً، ٣٠٪ منها تصنيفها ردئ وردئ جداً. ويتراوح ميل منحنى التوزيع بين السالب والسالب جداً والمتماثل حيث نجد أن ٦٠٪ من العينات يتراوح ميلها بين السالب والسالب جداً ، بينما المتماثل ٢٠٪. ويشير معامل التفلطح إلى أن ٦٠٪ من رمال العينات ذات تفلطح مدبب وشديد التدبب، بينما ٤٠٪ من العينات تفلطحها يتراوح بين تفلطح متوسط ومفلطح.

جدول رقم (٧) الأحجام والمعاملات الإحصائية لرمال كثبان الربع الخالى

مواقع العينات على الكثبان		رمل خشن	رمل متوسط		رمل ناعم		طمي خشن	الوسيط	المتوسط	التصنيف	الميل	التفلطح	عدد العينات
		Ø٠	Ø١	Ø٢	Ø٣	Ø٤	Ø٥	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
الوجه الحر	أدنى	٠,٠١	٠,٠١	٦,١٣	٣٤,٨٢	٢,٥٤	٠,٠٣	٢,٢	٢,٢٧	٠,٤٢	-٠,٤٧	٠,٧٨	١٢
	أقصى	٠,٠٢	١,٠٣	٤٢,٦١	٩١,٣٧	٣٤٠٥٩	١,١١	٢,٨	٢,٧٥	٠,٨٩	١	٢,١٣	
	متوسط	٠,٠٠٣	٠,١٩	١٩,٨٢	٦٦,٥٧	١٣,٠٧	٠,٣٥	٢,٥٥	٢,٥١	٠,٥٩	-٠,٠٤	١,٢١	
	ن . م	٠,٠٠٦	٠,٣٥	١٣٠٩٦	١٨,١٥	٨,٧٦	٠,٤٣	٠,١٨	٠,١٥	٠,١٤	٠,٤٨	٠,٤٢	
القمم	أدنى	٠	٠,٠٣	٠,٠٤	١٩,٥٢	٠,٨	٠,٠٢	١,٩	١,٨٨	٠,١٦	-٠,٥٤	٠,٠٥	١٨
	أقصى	٠	٣	٧٥,٨٧	٩٩,٢	٣٣,٣٧	٠,٤١	٢,٨٥	٢,٨٣	٠,٧٥	٠,١٢	٢,٠٥	
	متوسط	٠٠	٠,٢٣	١٠,٤٦	٨٠,٨٨	٨,٣٧	٠,٠٧	٢,٦٦	٢,٦١	٠,٤٥	-٠,٣	١,٢٦	
	ن. م	٠	٠,٧٠	١٨,٠٢	٢٠,٤٣	٨,٤٦	٠,١٣	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,١٨	٠,٢	٠,٥١	
الجوانب المواجهة للرياح	أدنى	٠	٠,٠٢	١,٤٥	٢١,٥٩	١,٤٣	٠,١٨	١,٩	٢,٠٧	٠,٢٣	-٠,٤٥	٠,٨٢	١٠
	أقصى	٠	١٠,١٤	٤٨,٢٢	٩٣,٢٦	٥٠,٨٩	١,٦٨	٣,١	٣,١٣	٢,٩	٠,٤١	٢,٠٥	
	متوسط	٠	١,٠٩	١٦,٩٤	٦٨,٠٢	١٣,٦٢	٠,٣٥	٢,٦٤	٢,٦٦	٠,٩١	-٠,١٢	١,٣٤	
	ن . م	٠	٣,١٨	١٥,٤٧	٢٢,٦١	١٤,٣٣	٠,٦٣	٠,٣٤	٠,٣١	٠,٨٦	٠,٣	٠,٤٥	
كثبان قبابية	أدنى	٠	٠,٠٢	٠,٠٣	٢٩,٠٦	٨,٤	٠,١٣	٢,٦	٢,٥٣	٠,٣٥	-٠,٨٥	٠,٨٢	٥
	أقصى	٠	١٥,٣١	٢٨,٠١	٩١,٦	٥٠,٥٢	١,٣٣	٣,١	٣,٠٣	١,١٥	٠,٤	٢,٢٥	
	متوسط	٠	٣,١٢	٦,٨٦	٦١,٣٨	٢٨,١١	٠,٥٣	٢,٨٢	٢,٧٩	٠,٦٩	-٠,١	١,٣	
	ن . م	٠	٦,٨٢	١١,٩٥	٢٥,٥٢	١٥,٢	٠,٥٦	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٣٢	٠,٥٢	٠,٥٦	
كثبان عقبات	أدنى	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١
	أقصى	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	
	متوسط	٠	٠	٠,٤٣	٨٩,٢٥	١٠,٣٢	٠	٢,٩	٢,٨٧	٠,١٩	-٠,٢٩	٢,٤٥	
	ن . م	٠	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
المتوسط	أدنى	٠,٠٠٣	٠,٠١	٠,٠٣	١٩,٥٢	٠,٨	٠,٠٢	١,٩	١,٨٨	٠,١٦	-٠,٨٥	٠,٠٥	٤٦
	أقصى	٠,٠٢	١٥,٣١	٧٥,٨٧	٩٩,٢	٥٠,٩	١,٦٨	٣,١	٣,١٣	٢,٩	١	٢,٤٥	
	متوسط	٠,٠٠٠٧	٠,٧١	١٣,٧	٧٢,٤١	١٢,٩	٠,٢٥	٢,٦٥	٢,٦٢	٠,٦١	-٠,١٧	١,٣	
	ن . م	٠,٠٠٣	٢,٦٩	١٦,٠٢	٢١,٤٥	١١,٩	٠,٤٣	٠,٢٥	٠,٢٤	٠,٤٦	٠,٣٥	٠,٤٩	

جدول (٨) المعاملات الإحصائية على أجزاء الكثبان الرملية

نوع المعامل	درجات المعامل	الوجه الحر		القمة		جوانب مواجهة للرياح		كثبان قبابية		المتوسط	
		عدد العينات	%	عدد العينات	%	عدد العينات	%	عدد العينات	%	عدد العينات	%
التصنيف	جيد جداً	–	–	٥	٢٧,٧	٢	٢٠	–	–	٧	١٥,٦
	جيد	٣	٢٥	٣	١٦,٧	١	١٠	١	٢٠	٨	١٧,٨
	متوسط جداً	٦	٥٠	٩	٥٠	٣	٣٠	٢	٤٠	٢٠	٤٤,٤
	متوسط	٣	٢٥	١	٥,٦	١	١٠	١	٢٠	٦	١٣,٣
	ردئ	–	–	–	–	٢	٢٠	١	٢٠	٣	٦,٧
	ردئ جداً	–	–	–	–	١	١٠	–	–	١	٢,٢
	سيئ	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
الميل	سالب جداً	٥	٤١,٧	١٢	٦٦,٦	٣	٣٠	٢	٤٠	٢٢	٤٨,٨
	سالب	٢	١٦,٧	٢	١١,١	٣	٣٠	–	–	٧	١٥,٦
	متماثل	٣	٢٥	٣	١٦,٧	٢	٢٠	–	–	٨	١٧,٨
	موجب	١	٨,٣	١	٥,٦	–	–	٢	٤٠	٤	٨,٩
	موجب جداً	١	٨,٣	–	–	٢	٢٠	١	٢٠	٤	٨,٩
التفلطح	شديد	–	–	٢	١١,١	–	–	–	–	٢	٤,٤
	مفلطح	٢	١٦,٧	–	–	٣	٣٠	١	٢٠	٦	١٣,٣
	متوسط	٥	٤١,٧	٢	١١,١	١	١٠	–	–	٨	١٧,٨
	مدبب	٣	٢٥	١٠	٥٥,٦	٢	٢٠	٣	٦٠	١٨	٤٠
	شديد التدبب	٢	١٦,٧	٤	٢٢,٢	٤	٤٠	١	٢٠	١١	٢٤,٥
	حاد	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

وأخيراً تشير نتائج تحليل رمال الكثبان القبابية إلى أن رمالها تتراوح بين الرمال المتوسطة والناعمة، وتحتل الرمال الناعمة النسبة الأكبر حيث تبلغ نسبة الرمال التى أحجامها بين ٣، Ø٤ حوالى ٨٩٪ من رمال العينات، بينما حوالى ٩٪ من الرمال أحجامها تتراوح بين ١ ، Ø٢. كما يشير معامل التصنيف إلى أن رمال هذه الكثبان تتراوح بين التصنيف الردئ والجيد ، فحوالى ٦٠٪ من رمالها تصنيفها يتراوح بين تصنيف متوسط ومتوسط جداً، بينما الرمال التى تصنيفها ردئ حوالى ٢٠٪، وحوالى ٢٠٪ تصنيفها جيد. كما يشير معامل ميل المنحنى إلى أن ٦٠٪ من رمال

العينات ميلها موجب وموجب جداً، بينما حوالى ٤٠٪ ذات ميل سالب جداً. كما أن ٨٠٪ من رمال العينات ذات تفلطح مدبب وشديد التدبب، وحوالى ٢٠٪ ذات شكل مفلطح.

ب - خصائص الشكل والظاهرات الدقيقة:

تتم دراسة شكل حبيبات الرمال والظاهرات الدقيقة عليها بواسطة المجهر الألكتروني المساح Scanning Electron Microscope، ومنذ عام ١٩٦٠ أصبح استخدام المجهر الإلكتروني المساح على نطاق واسع في الدراسات المختلفة، وقد استخدم فى دراسة رمال عينات الكثبان الحالية جهاز من طراز JEOL JSM 840 A وبرنامج LINK ISIS 3000 مستخدماً أشعةX فى التحليل.

وقد تم تحليل عدد ٦ عينات من النطاقات الثلاثة وهى: عينة رقم (١/ ١) من موقع عين الحلوة، عينة رقم (٨/ ٢) من الخوير، عينة رقم (١٠/ ١) من رمال سبخة أم السميم، عينة رقم (١٣/ ١) من رمال زوليه، عينة رقم (١٦/ ١) من مقشن، عينة رقم (٢١/ ١) من رمال ملحيت. وقد استخدم حجمين فقط للتحليل وهما ٥٠٠μ، ٢٥٠μ، وقد جهزت العينات بالغسيل والتجفيف ثم تغليفها بواسطة الكربون وهو أسلوب متبع فى مثل هذا النوع من التحليلات، ويستخدم التغليف بالذهب أو الكربون لعمل طبقة تمتص الإلكترونات داخل العينة حيث أن عدم وجود هذه الطبقة يؤدى إلى تكون طبقة أخرى من الإلكترونات على سطح الحبة مما يحول دون رؤيتها أو تصويرها.

ويوضح التحليل المجهرى للعينات أنها جيدة الاستدارة فى أحجام الرمال المتوسطة، بينما الرمال الناعمة شبه مستديرة، كما أنها منخفضة الكروية. ويشير معامل الاستدارة بصفة عامة إلى حدة زوايا حبات الرمال، كما تتوقف حدة زواياها على عدد من العوامل منها المسافة التى تقطعها الحبات، وحداثة تكونها أو قدمها، وكذلك نوعية الصخر الأصلى الذى اشتقت منه، بالإضافة إلى حجم الحبيبات

حيث أن أحجام الرمال الكبيرة تؤثر عليها التعرية الهوائية وتصبح أكثر استدارة من الرمال الناعمة، كما أن عامل الرياح يعتبر الأكثر تأثيراً من بقية العوامل الخارجية على الرواسب من حيث قدرته على تحقيق استدارة وكروية الحبيبات (Kuenen, 1980).

وقد ترجع قلة الاستدارة والكروية فى عينات رمال المنطقة إلى أن رمال المنطقة أحجامها صغيرة تتركز معظمها فى الرمال الناعمة بصورة كبيرة كما وضح فى الجزء الخاص بتحليل الحجم، إلا أن هناك افتراضات أخرى لا تؤيد العلاقة بين الحجم والاستدارة وترجعها إلى تأثير التجوية الكيميائية وصخور الاشتقاق وعملية الدحرجة لحبات الرمال. وتوضح اللوحات (١٢، ١٣، ١٤، ١٦، ٢٨) عينات جيدة الاستدارة وعينات أخرى تنخفض فيها الاستدارة وحوافها حادة، كما تختلط أحياناً فى العينة الواحدة الرمال جيدة الاستدارة والحادة الزوايا، ويشير ذلك إلى وجود اكثر من عامل يؤثر على شكل حبيبات الرمال فى المنطقة، ويمكن أن نستبعد العامل الكيميائى حيث أن أثره ضئيل ولم يظهر بصورة كبيرة من خلال التحليل المجهرى كما سوف نشير بعد قليل، لذلك يمكن أن نرجح أثر الحجم خاصة أن معظم رمال المنطقة ناعمة اقل من Ø٢، كما يحتمل أن يكون مصدر الاشتقاق أحد هذه العوامل فقد يكون مصدر بعض رمال المنطقة مشتق من تكوينات مرسودد التى تتكون من الحجر الرملى والطينى التابع لمجموعة فارس العليا المكشوفة على السطح فى عمان ولذلك لن تتحرك الرمال إلى مسافات طويلة تؤدى إلى استدارتها جيداً، بينما الرمال الجيدة الاستدارة من المحتمل أن تكون قادمة من الجزيرة العربية وقطعت مسافات كبيرة فاكتملت استدارتها وكرويتها.

وفيما يتعلق بالظاهرات التضاريسية الدقيقة التى تتشكل على سطح حبات الرمال فقد ظهر بوضوح أثر التعرية الهوائية عليها حيث سجلت ظاهرات تنتمى إلى هذا النوع من التعرية بالإضافة إلى البيئة الصحراوية، وقد ظهر عليها أثر عمليات البرى والتفاوت الحرارى والارتطام والتجوية الميكانيكية، كما ظهر أيضا أثر التجوية الكيميائية وبيئة السبخات بصورة قليلة مقارنة بالآثار الميكانيكية والتعرية الهوائية.

وقد سجل على العينات ظاهرة الأطباق المقلوبة والأطباق الناتجة عن عملية الارتطام بين الحبات أثناء عملية القفز (لوحة رقم ١٥، ١٧، ٣٣، ٣٦، ٤٠) كما يظهر أثر الارتطام بين الحبيبات وينشأ عنه أحياناً منخفضات عميقة كما تستقر بداخلها حبات أخرى حادة (لوحة رقم ٢٢، ٢٥). كما أوضح التحليل المجهرى أن معظم الحبات ذات سطح تظهر عليه تضاريس خفيفة من المنخفضات الصغيرة الناتجة عن التجوية الميكانيكية والتعرية الهوائية (لوحة رقم ١٥، ٢٤، ٢٥، ٣٤)، كما ظهرت على العينات ظاهرة الحفر على هيئة حرفV الناتجة عن التجوية الميكانيكية وهى غير واضحة وتكاد تختفى مما يؤكد تعرض حبات الرمال لأكثر من دورة ترسيب فقد تكونت عليها هذه الظاهرات فى إحدى المراحل ثم تعرضت بعد ذلك للطمس بدورة أخرى من التعرية (لوحة رقم ١٧، ٣٥).

ويتضح أثر البيئة الصحراوية القاسية على العينات حيث تتأثر بعض الحبات بعمليات التقشر الناتجة عن أثر التفاوت الحرارى على حبات الرمال، كما يؤثر التقشر أيضا على رواسب السيلكا المعاد إرسابها على السطح فتنفصل عنه (لوحة رقم ١٦، ٣٢).

يقل الأثر الكيميائى فى رمال العينات حيث تظهر رواسب السيلكا وعليها الشقوق القوسية الناتجة عن عملية التبلر (لوحة رقم ٣٢)، كما يتمثل الأثر الكيميائى أيضا فى بعض حفر الإذابة التى تتكون على السطح نتيجة للتجوية الكيميائية (لوحة رقم ٢٧، ٣٩، ٤١). كما يظهر أثر بيئة السبخات بوضوح فى بعض العينات وهو متوقع لتحرك نسبة كبيرة من الكثبان على سطح سبخات سواء فى سبخة أم السميم أو مقشن أو ملحيت، فقد ظهرت حبات رملية وقد تعرضت لعمليات انشطار وظهور بعض الحبات فى صورة تضرس حاد الزوايا (لوحة رقم ١٩، ٢٠، ٣١)، كما ظهر شكل السطح بصورة تضرس محبب غير مألوف فى رمال سبخة أم السميم ومن المحتمل أن يكون سطح الحبة مغطى بأكاسيد الحديد مما يجعل لون الرمال يميل إلى اللون الأحمر (لوحة رقم ٢٩، ٣٠).

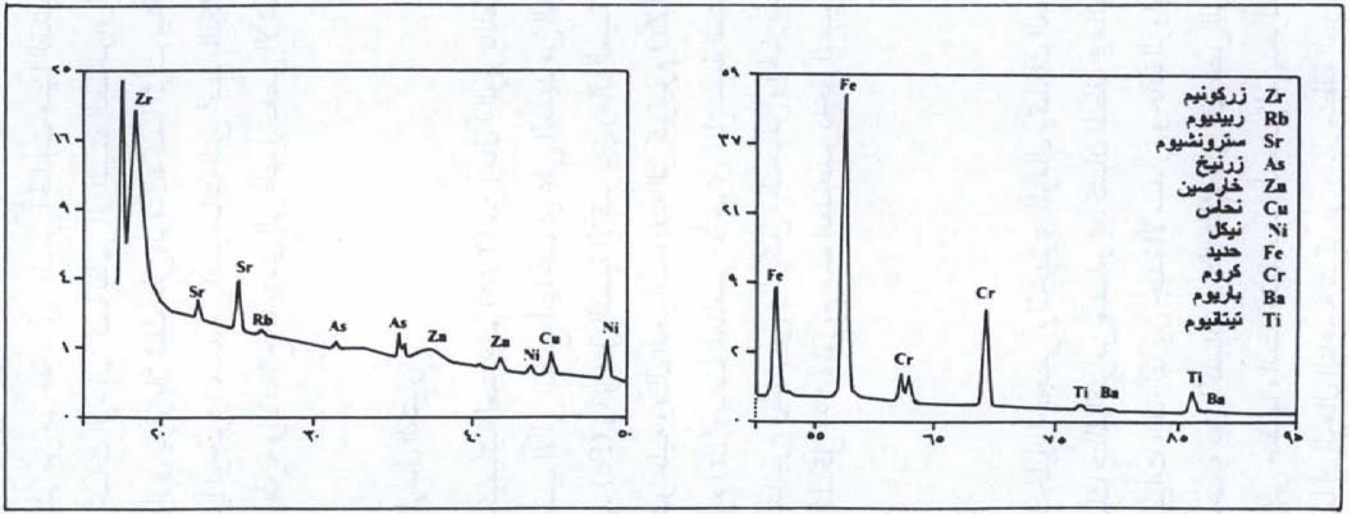
مما سبق يمكن أن نستخلص أن رمال المنطقة يظهر عليها آثار التعرية الهوائية بوضوح وأنها مرت بأكثر من مرحلة تعرية طمس الحديث منها القديم وما زالت آثاره واضحة فى بعض حبات الرمال. كما يظهر أثر البيئة الصحراوية واضحاً بما تتميز به من تفاوت حرارى يؤثر بلا شك على الرمال، كما أثرت بيئة السبخات بوضوح على الرمال نظراً لوجود العديد من السبخات التى تحيط بالكثبان وتستقر عليها أحياناً فتتأثر بالرطوبة والأملاح مما يؤدى إلى ظهور بعض الأشكال الخاصة بها.

ج - العناصر الكيميائية لرمال الكثبان :

بتحليل العناصر الكيميائية لعينة رقم (٨/ ٢) من رمال الخوير بالنطاق الشمالى بواسطة أشعة X والحاسب الآلى اتضح أنها تحتوى على العديد من العناصر، ومن أهم هذه العناصر الحديد (Fe) وهو يمثل النسبة الأكبر بين رمال العينة ويفسر ذلك اللون الأحمر الذى تبدو عليه رمال العينات ، يليه الزركونيوم (Zr) ، ثم الكروم (Cr)، ثم الأسترونشيوم (Sr)، بينما العناصر الأخرى تمثل نسبة ضئيلة فى العينة ومن هذه العناصر التيتانيوم والباريوم والنيكل والنحاس والخارصين والزرنيخ والربيديوم، ويوضح الشكل (١٥) توزيع هذه العناصر داخل العينة ورموزها المتعارف عليها كيميائياً.

د- مصادر رمال الكثبان :

اتضح من خلال التحليل الحجمى والمجهرى للرمال وكذلك الدراسة الميدانية أنه بما لا يدع مجالاً للشك هناك أكثر من مصدر يمد كثبان المنطقة برمالها، ومما يؤكد ذلك اختلاف شكل الحبيبات وتفاوتها بين جيدة الاستدارة وحادة الزوايا، إضافة إلى ارتفاع نسبة الرمال الناعمة بين الكثبان. ويدل ذلك على أن بعض الرمال تحركت مسافات كبيرة مما أدى إلى صقلها واستدارتها، بينما البعض لم يتحرك كثيراً فظلت حوافها حادة الزوايا. كما أن الرمال الناعمة تتركز فى رمال منطقة الدراسة التى تعتبر



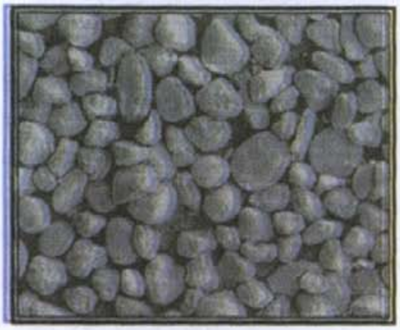
شكل (١٥) منحنى العناصر الكيميائية التي تحتوي عليها رمال الربع الخالي.

نهاية بحر رمال الربع الخالى، ويرجع ذلك لانخفاض قوة الرياح عندما تصل منطقة الدراسة قادمة من شمال الجزيرة العربية فتصبح حمولتها من الرمال الناعمة.

ما سبق يمكن القول بأن المصدر الرئيسى للرمال يأتى من الأشكال التضاريسية بشمال وغرب الجزيرة العربية ، بالإضافة إلى شواطئ الخليج العربى. كما أنه من المحتمل أن تكون تكوينات مرسودد التى تتكون من الحجر الرملى والطينى المكشوفة على السطح فى عمان هى أحد مصادر رمال الكثبان (Bechennec et al, 1993). كما أوضحت الدراسة الميدانية حركة الرمال القادمة من جهة بحر العرب فى اتجاه الأراضي العمانية، ويؤكد ذلك وفرة الشواطئ الرملية على سواحل خليج مصيرة ودوحة صوقرة وخليج الحلانيات، كما تتكون الكثبان الطولية والكثبان الناتجة عن العقبات فى منطقة الحقف والطباقة، وتواصل الرمال تحركها لتصل إلى الكثبان الرملية فى منطقة الدراسة وبصفة خاصة الأجزاء الجنوبية الشرقية من النطاقين الأوسط والجنوبى.



لوحة رقم (١٢) عينة رمال حباتها جيدة الاستدارة ونسبة كبيرة منها منخفضة الكروية. رمال مقشن (١/١٦) - تكبير ٣٠ مرة.



لوحة رقم (١٣) عينة رمالها شبه مستديرة ومرتفعة الكروية، بها رمال حوافها شبه حادة ومنخفضة الكروية. رمال الخوير (٨/٢) - تكبير ٢٧ مرة.



لوحة رقم (١٤) عينة رمالها حادة الزوايا مع نسبة قليلة مستديرة ومنخفضة الكروية. رمال عين الحلوة (١/١) - تكبير ٣٠ مرة.



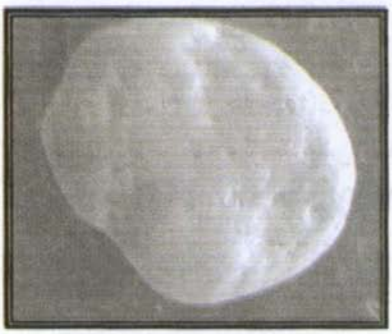
لوحة رقم (١٥) ظاهرة الأطباق المقلوبة والأطباق ويظهر السطح به تضاريس خفيفة قد تكون ناتجة عن التجوية الميكانيكية. رمال عين الحلوة (١/١) - تكبير ٣٣٠ مرة.



لوحة رقم (١٦) حبة شبه مستديرة يتعرض سطحها للتقشر بفعل التفاوت الحراري. رمال عين الحلوة (١/١) تكبير ٣٣٠ مرة.



لوحة رقم (١٧) حبة جيدة الاستدارة عليها منخفضات قد تكون ناتجة عن عملية الارتطام، إضافة إلى منخفضات على هيئة حرف V. رملة ملحيت (٢١/ ٢) - تكبير ٣٧٠ مرة.



لوحة رقم (١٨) حبة رمال جيدة الاستدارة وعالية الكروية ذات سطح أملس مع وجود بعض المنخفضات قد تكون ناتجة عن عملية القفز والارتطام. رملة ملحيت (٢١/ ٢) - تكبير ١٢٠ مرة



لوحة رقم (١٩) سطح غير مألوف في بيئة التعرية الهوائية حيث يبدو حاد جداً وتضاريسه غير منتظمة، وقد يكون ناتجاً عن تأثير بيئة سبخية. رملة ملحيت (٢١/ ٢) - تكبير ١٤٠ مرة.



لوحة رقم (٢٠) حبة حادة الزوايا قد تكون ناتجة عن عملية انشطار في بيئة سبخية. رملة ملحيت (٢/٢١) - تكبير ١٥٠ مرة.



لوحة رقم (٢١) منخفضات طولية متوازية على سطح حبة جيدة الاستدارة. رملة ملحيت (٢/٢١) - تكبير ٢٢٠ مرة. .



لوحة رقم (٢٢) حبة جيدة الاستدارة ويظهر عليها أثر الارتطام، ويوجد بعض الحبات الحادة داخل منخفضاتها. رملة مقشن (١/١٦) - تكبير ٤٣٠ مرة.



لوحة رقم (٢٣) عينة جيدة الاستدارة ومنخضة الكروية، حباتها طولية الشكل قد يرجع ذلك للصخر الأصلى المشتقة منه. رملة مقشن (١/١٦) - تكبير ١٤٠ مرة.



لوحة رقم (٢٤) أثر التجوية الميكانيكية والتعرية الهوائية على السطح، ويظهر هذا النسيج مع ارتفاع نسبة التكبير. رملة زولية (١/١٣) - تكبير ٩٥٠ مرة.



لوحة رقم (٢٥) تضرس على سطح حبة الرمال ناتج عن تعرية هوائية، كما يظهر أثر الارتطام مكوناً منخفضاً تستقر به إحدى حبات الرمال. رملة زولية (١/١٣) - تكبير ٣٥٠ مرة



لوحة رقم (٢٦) أخاديد طولية عمقية ومنخفضات على حبة جيدة الاستدارة والكروية. رملة زولية (١/١٣) - تكبير ٧٥٠ مرة.



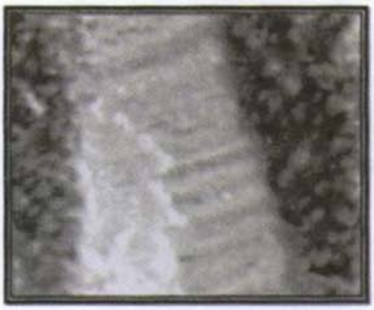
لوحة رقم (٢٧) أثر الإذابة الناتجة عن التجوية الكيميائية ممثلاً في بعض المنخفضات ملساء الحواف رملة زولية (١/١٣) - تكبير ٤٠٠ مرة.



لوحة رقم (٢٨) عينة زوايا حوافها حادة وشبه حادة ويحتمل أنها تنتمي إلى بيئة سبخات. رمال سبخة أم السميم (١٠/١) - تكبير ٥٥ مرة



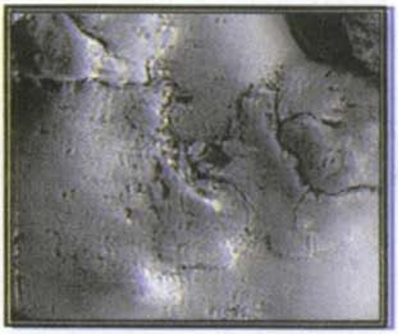
لوحة رقم (٢٩) أخاديد طولية يوجد بداخلها رواسب حديثة مع تضرس السطح بصورة كثيفة قد تكون ناتجة عن زيادة أكاسيد الحديد في العينة. رمال أم السميم (١٠/١) -تكبير ٤٥٠ مرة.



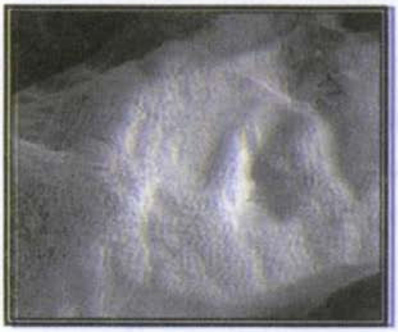
لوحة رقم (٣٠) تكبير للوحة السابقة ويظهر عليها تضرس عرضي متوازي في الرواسب، قد تكون ناتجة عن عملية البري. رملة أم السميم (١٠/١) - تكبير ١٦٠٠ مرة



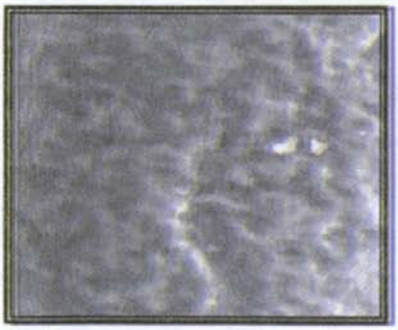
لوحة رقم (٣١) تفتت واضح في سطح حبة يؤدي إلى ظهور السطح بصورة حادة وذلك نتيجة لأثر بيئة السبخات. رملة أم السميم (١٠/١) تكبير ١٥٠٠ مرة.



لوحة رقم (٣٢) شقوق قوسية وتقشر لبعض رواسب السيلكا المعاد ارسابها على سطح الحبة. رملة أم السميم (١٠/١) - تكبير ٤٠٠ مرة.



لوحة رقم (٣٣) سطح تظهر عليه تضرس خفيف ناتج عن التعرية الهوائية، وجود منخفضات ناتجة عن الارتطام. رملة أم السميم (١٠ , ١) - تكبير ٤٠٠ مرة.



لوحة رقم (٣٤) منخفضات ناتجة عن التعرية الهوائية. رمال الخوير (٨/ ٢) - تكبير ١١٠٠ مرة.



لوحة رقم (٣٥) حفر على هيئة حرف V ميكانيكية النشأة على حبة جيدة الاستدارة. رمال الخوير (٨/ ٢) - تكبير ٣٣٠ مرة.



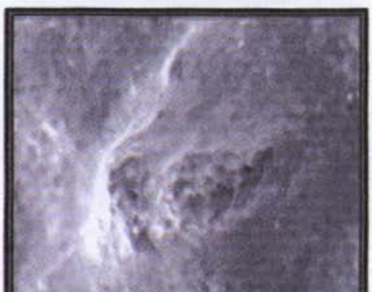
لوحة رقم (٣٦) حبة جيدة الاستدارة وعالية الكروية بها أطباق وبقايا أطباق مقلوبة، ويوصف السطح بأنه صقيعي. رمال الخوير (٨/ ٢) - تكبير ٢٥٠ مرة.



لوحة (٣٧) حزوز حلزونية ناتجة عن الانشطار، أصبحت حوافها ملساء نتيجة التعرية. رمال الخوير ٨/ ٢) - تبير ٣٧٠ مرة.



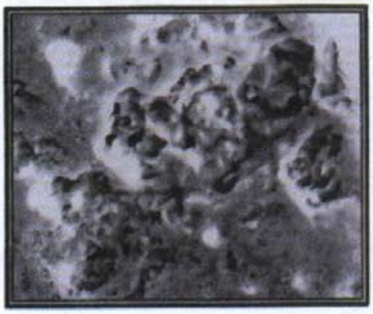
لوحة رقم (٣٨) منخفضات طولية ناتجة عن عملية البري لحبة شبه مستديرة ومنخفضة الكروية. رمال الخوير (٨/ ٢) - تكبير ٣٥٠ مرة.



لوحة رقم (٣٩) حفر عميقة قد تكون ناتجة عن الإذابة بفعل التجوية الكيميائية. رمال عين الحلوة (١/ ١) - تكبير ٩٥٠ مرة.



لوحة رقم (٤٠) أطباق مقلوبة مع وجود أخاديد عميقة. رمال عين الحلوة (١/ ١) - تكبير ٤٣٠ مرة.



لوحة رقم (٤١) كهوف غير منتظمة ناتجة عن الإذابة. رمال عين الحلوة (١/ ١) تكبير ٧٥٠ مرة.

الخاتمة

تقع الكثبان الرملية فى منطقة الدراسة فى غرب وجنوب غرب سلطنة عمان، وهى امتداد لكثبان الربع الخالى الذى يغطى معظم شرق وجنوب شرق الجزيرة العربية، وتتوزع الكثبان الرملية فى المنطقة على مساحة تقدر بحوالى ٥١٠٠٠ كم٢ أى حوالى ١٦,٦ ٪ من مساحة عمان. وقد تم تقسيمها إلى ثلاثة نطاقات هى: النطاق الشمالى والأوسط والجنوبى، وتمتد من الشمال إلى الجنوب على طول الحدود بين عمان من جهة وبين الإمارات العربية والسعودية واليمن من جهة أخرى.

تتنوع الكثبان الرملية تنوعاً كبيراً فى منطقة الدراسة، كما تختلف أنماطها تبعاً لظروف الموضع، ومن هذه الكثبان الطولية والنجمية والهلالية والمتطورة عنها والقبابية. كما توجد أنماط أخرى تطورت تبعاً لاختلاف نظم الرياح وهى الكثبان الشبكية، كما تختلف أنماط الكثبان بين البسيطة والمركبة والمعقدة وتمثل الكثبان المعقدة النسبة الأكبر بين أنواع الكثبان المختلفة. إضافة إلى الأشكال الرملية الدقيقة مثل التموجات الرملية والنباك وكثبان الظل والعقبات.

تتأثر المنطقة بتنوع مناطق الضغط فى كل من قارة آسيا والمحيط الهندى والأطلنطى ومنطقة البحر المتوسط خلال فصول السنة، مما كان له أثر كبير على اختلاف نظم الرياح وقوتها ويظهر ذلك بوضوح فى الاختلافات الكبيرة لاتجاهات محاور الكثبان واختلاف أنماطها ، إضافة إلى تعدد مصادر رمالها.

تتوزع الكثبان الرملية فى النطاق الشمالى لمسافة ٢٥٠ كم واتساع لا يزيد عن ٦٠ كم، بينما تتوزع الكثبان فى النطاق الأوسط لمسافة ١٨٠ كم واتساع ١٨٢ كم، كما يمتد النطاق الجنوبى لمسافة ٣٢٥ كم واتساع ١٣٠ كم تقريباً. وتختلف كثافة الكثبان من نطاق إلى آخر ومن موقع لآخر داخل النطاق الواحد، وقد بلغت الكثافة العامة ٠,٤٧ كثيب / كم٢، وتراوحت بين ٠,٣٢ - ٠,٧٨ كثيب / كم٢ فى رمال

أبو الطبول والغربانيات ، كما بلغت الكثافة العامة ٤٨ , ٠ كثيب / كم٢، وتراوحت بين ٢٧ , ٠ - ٧١ , ٠ كثيب/ كم٢ فى رمال حمرور وموسى. وقد أوضحت النتائج أنه لا يوجد اتجاه واضح لانخفاض أو زيادة الكثافة، كما يظهر تباينها من موقع لآخر، وقد يرجع ذلك لاختلاف وتضاد اتجاهات الرياح وحركة الكثبان.

أثرت طبوغرافية السطح على توزيع الأشكال الرملية حيث تتوزع الكثبان فى أحد المنخفضات التكتونية الكبيرة فى جنوب شرق الجزيرة العربية مما أدى إلى تركز الكثبان ذات الأحجام الكبيرة فى الربع الخالى الشرقى مقارنة برمال الربع الخالى الغربى. كما تتوقف الكثبان عند أقدام جبال الحجر الغربى فتتكون الكثبان الصاعدة، كما تتغير اتجاهات حركة الكثبان صوب الشمال الشرقى والجنوب الشرقى نتيجة لاعتراض الجبال للرياح التى تكونها، كذلك تؤثر السيول التى تتدفق من الأودية فى فصل المطر على أشكال الكثبان فتؤدى إلى بعثرتها وتقطيعها وتحول دون تقدمها فى بعض المواقع. وتؤثر السبخات التى تنتشر فى المنطقة على حركة الكثبان فتعمل على عرقلتها وتحجر بعضها كما تسببت فى نشأة الكثبان القبابية وحالت دون تطورها إلى كثبان نجمية رغم توفر الظروف لذلك.

الكثبان النجمية أكثر أنواع الكثبان ظهوراً حيث تبلغ نسبة المساحة التى تتوزع عليها ٢٧ , ٤٨٪، يليها الكثبان الطولية ١ , ٣٨٪، ثم الكثبان القبابية ٦ , ٧٪، وأخيراً الكثبان الهلالية والمتطورة عنها والشبكية ٣٣ , ٤٪.

تتكون الكثبان الرملية الطولية فى كل من النطاقات الثلاثة ولكل منها خصائصه المميزة له، وتتمثل هذه الخصائص فيما يلى:

- الكثبان الطولية فى النطاق الشمالى من النوع المركب والمعقد وتتراوح اتجاهات محاورها بين ٢١٣ْ، ٢٤٠ْ، وهى من النوع الشجرى وتتفرع بما يعرف ببوصلة Y العكسية، وتتراوح أطوالها بين ٤-٥٤ كم، وعرض يتراوح بين ١ - ٥ , ٥ كم،

وطول موجه يتراوح بين ٥ , ١-٨ كم، كما تتراوح ارتفاعاتها بين ٣٠-١٠٠ متر.

- تختلف خصائص الكثبان الطولية فى النطاق الأوسط حيث تصبح الكثبان من النوع البسيط المجدول فى بعض المناطق وبسيط شجرى فى مناطق أخرى، وتتراوح أطوالها بين ١-٦٥كم، وعرض يتراوح بين ٢ , ٠-٣كم، وطول موجة يتراوح بين ١-٧كم، كما تتراوح ارتفاعاتها بين ٥-١١٠ متر، كما تتراوح زوايا انحراف محاورها عن الشمال بين ١٩٥ْ-٢٤٠ْ ويحدث لها اندماج بوصلة Y العادية.

- تتحول الكثبان الطولية فى النطاق الجنوبى لتصبح من النوع المجدول المعقد ومن نوع المشواة والقبابى، وتتراوح أطوالها بين ٤٠-٨٠كم، بعرض يتراوح بين ٥ , ٠-٣كم، وطول موجة يتراوح بين ١-٥ , ٣ كم، كما تتراوح ارتفاعها بين ١٥-١٠٠ متر، وتتراوح زوايا انحراف محاورها عن الشمال بين ١٤ْ-٦١ْ، ٢٢٣ْ.

تتوزع الكثبان الرملية النجمية فى النطاقات الثلاثة وتختلف فى خصائصها من نطاق لآخر، وتتمثل هذه الخصائص فيما يلى:

- تتكون الكثبان النجمية فى النطاق الشمالى منطبعة على الكثبان الطولية وتعتبر من النوع المعقد، وتتوزع بصورة منعزلة أحياناً وغير منتظمة ومندمجة فى أحيان أخرى، وهى من النوع المركزى. ويبلغ متوسط ارتفاعها ٥٠ مترا، وتتكون من ثلاثة إلى أربع أذرع ونادراً ما تتكون من خمسة أذرع، وتتراوح أطوال أذرعها بين ١ , ٠-١كم، وتتراوح أطوال موجاتها بين ٣ , ٠-٥ , ١كم.

- الكثبان الرملية النجمية فى النطاق الأوسط من النوع المركزى المائل للاستطالة، وتتوزع بشكل غير منتظم فى بعض الأجزاء وفى شكل سلاسل متوازية فى أجزاء أخرى، وتتكون من ثلاثة إلى أربعة أذرع غير متساوية الطول، وتتراوح أطوالها بين ٣ , ٠ - ٥ , ١كم، وتتراوح أطوال موجاتها بين ٨ , ٠ -٥كم، كما تتراوح

ارتفاعاتها بين ٥٠-١٢٠متر.

- الكثبان الرملية النجمية فى النطاق الجنوبى من النوع غير المنتظم وأحياناً تظهر فى شكل خطى أو شكل مثلثى، وهى من النوع المركزى المائل للاستطالة وأحياناً دائرى. وتتكون على امتداد الكثبان الطولية والعرضية، وتتكون من ٤-٥ أذرع غير متساوية فى الطول، وتتراوح أقطارها بين ٠,٣ -٢كم، وتتراوح أطوال أذرعها بين ٠,٣ -٢كم، وتتراوح أطوال موجاتها بين ١-٥,٢ كم، كما تتراوح ارتفاعات قممها بين ٣٠-١١٠متر.

تتكون الكثبان الرملية النجمية تحت تأثير نظم معقدة ومتعددة للرياح خلال الشهور التى يحدث فيها حركة الرمال، وتتطور الكثبان النجمية بداية من حافة مستعرضة تكونت تحت تأثير الرياح الشمالية الغربية الصيفية مكونة خط قمة ووجه حر ينحدر فى اتجاه ظل الرياح وعند تغير الرياح فى فصل الشتاء لتصبح جنوبية شرقية يتغير اتجاه الوجه الحر إلى الجهة المعاكسة، وتتوالى هذه العملية ويزداد الكثيب ارتفاعاً بواسطة الرياح الشمالية الغربية والغربية ثم تبدأ الأذرع فى التكون عندما تبدأ القمة الهرمية فى الظهور حيث ينفصل تيار الرياح إلى قسمين أحدهما علوى والآخر سفلى فتبدأ الأذرع فى التكون، كما يساعد على ظهورها ووضوحها وجود الرياح المساعدة التى تهب من اتجاهات الشرق والشمال الشرقى والجنوب الغربى. كما تأثرت الكثبان النجمية بالرياح الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية القادمة من بحر العرب ويظهر تأثيرها على الكثبان النجمية فى النطاقين الأوسط والجنوبى.

تتكون الكثبان الشبكية على مساحة قليلة مقارنة بأنواع الكثبان الأخرى، وتتوزع فى النطاقين الشمالى والأوسط، وتتكون من نمطين مختلفين هما:

- النمط الأول متطور عن الكثبان الطولية المركبة حيث تمتد الكثبان الطولية فى اتجاه ينحرف عن الشمال بزاوية ٣٠٠°، ونتيجة لتغير اتجاهات الرياح تعمل الرياح

الشمالية على نشأة بعض الفروع المتعامدة تقريباً على الكثبان الطولية فيتكون الشكل الشبكى ، وتتراوح أبعاد أضلاعها بين ٢-٥كم وتتراوح ارتفاعاتها بين ٥٠-١٠٠ متر.

- النمط الثانى يتكون فى شمال النطاق الأوسط حيث تتصل قرون الكثبان الهلالية وشبه الهلالية مكونة كثبان شبكية تاركة فيما بين أضلاعها أراضى خالية من الرمال. كما يؤدى التحام قرون الكثبان مع بعضها البعض وامتداد أحد القرون بمعدل أكثر من الآخر إلى ظهور ما يسمى بكثبان خطاف السمك.

تتكون فى النطاق الأوسط الكثبان الهلالية وشبه الهلالية وتعرف برمال أم السميم وتتوزع على أطراف سبخة أم السميم، وتتراوح أطوالها بين ٨, ٠ - ٥, ٢ كم، ويتراوح عرضها بين ١-٦كم، كما تتراوح ارتفاعاتها بين ٧٠-١٠٠متر.

تتكون الكثبان القبابية فى النطاقين الأوسط والجنوبى، وهى عبارة عن أشكال رملية محدبة ليس لها وجه حر رئيسى، وتتكون فى المنطقة بصورة محدبة تميل إلى الاستطالة والقليل منها دائرى الشكل. وتتراوح أقطارها بين ٤, ٠ -٢, ١كم بالنسبة إلى الكثبان الدائرية، بينما الكثبان القبابية المائلة للاستطالة تتراوح أطوالها بين ٨, ٠ -٥, ٣ كم، ويتراوح عرضها بين ٣, ٠ -١كم، كما تتراوح أطوال موجاتها بين ١-٣كم، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٣٠-١٠٠ متر. ويرجع تكون هذا النمط من الكثبان إلى أثر سبخات مقشن وملحيت حيث تعمل رطوبة السبخات على تثبيتها وعرقلة امتدادها مما يحول دون ظهور قرون أو أذرع أو امتداد لأى نوع آخر من الكثبان.

تتراوح أحجام رمال الكثبان بين الرمال الناعمة والمتوسطة والخشنة، وتمثل الرمال التى أحجامها ٣Ø النسبة الأكبر بين رمال المنطقة حيث تبلغ نسبتها ما يقرب من ٤, ٧٢٪ من رمال العينات، بينما تمثل نسبة الرمال التى أحجامها ٤Øحوالى ٧, ١٣٪ ولا تمثل الرمال التى أحجامها ١، ٥Øسوى نسبة ضئيلة تبلغ ١٪ فقط،

وتوضح النتائج أن قمم الكثبان أقل أجزائها حجماً. وأوضح التحليل المجهرى أن رمال العينات بعضها جيد الاستدارة والبعض حاد الزوايا إضافة إلى انخفاض كرويتها. كما أظهر التحليل أثر التعرية الهوائية والبيئة الصحراوية حيث وضح أثر التجوية الميكانيكية والتفاوت الحرارى، كما ظهر أثر عمليات الارتطام بين الحبيبات أثناء عملية القفز، كما ظهر أثر عملية الإذابة الناتجة عن التجوية الكيميائية، ومن الظاهرات التى تم تسجيلها بالمجهر على سطح الرمال الأطباق المقلوبة والأطباق والمنخفضات حرف V والشقوق القوسية ورواسب السيليكا، كما ظهر أثر السبخات فى انشطار بعض الحبات بشكل حاد.

أظهر تحليل العناصر الكيميائية للرمال وجود عنصر الحديد بصورة كبيرة يليه كل من الزركنيوم والكروم والأسترونشيوم، إضافة إلى وجود بعض العناصر التى تحتل نسبة ضئيلة مثل التيتانيوم والباريوم والنيكل والنحاس.

يوجد أكثر من مصدر لرمال الكثبان فى المنطقة، أولها المصدر الرئيسى القادم من شبه الجزيرة العربية من جهة الشمال والغرب، إضافة إلى رمال شواطئ الخليج العربى، والمصدر الثانى قد تكون تكوينات مرسودد التى تتكون من الحجر الرملى والطينى التابع لمجموعة فارس العليا، والمصدر الثالث شواطئ بحر العرب الرملية حيث تتكون بعض الكثبان الطولية فى منطقة الحقف ويظهر أثر حركة الرمال واضحة فى الاتجاه من البحر إلى الداخل مع الرياح الجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية.

قائمة المراجع

أولاً : المراجع العربية

- أحمد عبد السلام، محمود عاشور (٢٠٠٠): التحليل المجهرى لرواسب الرمال فى شمال سيناء، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، عدد٣٦، الجزء الثانى.

- أحمد عبد السلام على (١٩٩٣): الأشكال الرملية شرق وجنوب شرق منخفض القطارة - شمال الصحراء الغربية دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة عين شمس - كلية الآداب، ٤٠٥ ص.

- أحمد عبد السلام على (١٩٩٩): جيمورفولوجية الكثبان الطولية شمال شرق منخفض البحرية (الصحراء الغربية - مصر)، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، عدد ٣٤، الجزء الثانى.

- حسن سيد أبو العينين (١٩٩٥): السهول الحصوية فى دولة الإمارات العربية المتحدة وخصائصها الجيمورفولوجية، دورية تصدر عن الجمعية الجغرافية الكويتية وقسم الجغرافيا بجامعة الكويت، عدد رقم ١٧٦ .

- نبيل امبابى، محمود عاشور (١٩٨٣): الكثبان الرملية فى شبه جزيرة قطر، الجزء الأول، مركز الوثائق والبحوث الإنسانية، جامعة قطر، ٢٤٤ص.

- نبيل امبابى، محمود عاشور (١٩٨٥): الكثبان الرملية فى شبه جزيرة قطر، الجزء الثانى، مركز الوثائق والبحوث الإنسانية، جامعة قطر، ٢٣٧ص.

ثانياً : المراجع الأجنبية

- Al - Hinai, K. G. (1989) : Evaluation of Remote Sensing Data for sand studies in Saudi Arabia, in Workshop on Desert Studies in the Scopes and Concerns, editing Abolkhair, Kingdom of Saudi Arabia Y. M. et al, p. 67-90.

- Alta, S. W. (1986) : Eolian Landforms, in Geomorphology from Space, A Global Overview of Regional Landforms, edited by Nicholas, M. S. and Robert, W. B., NASA, Washington.

- Badr, T. (1989) : Scientific Means and Studies used to Stabilize Dunes in the Eastern Region, in Workshop on Desert Studies in Scopes and Concerns, editing by Abolk- Kingdom of Saudi Arabia hair, Y. M. et al, pp. 45-66.

- Bechennec, F. et al (1993) : Geological Map of the Sultanate of Oman scale 1/1000000, Explanatory Notes Ministry of Petroleum and Minerals Directorate General of Minerals, France, pp. 93

- Breed, S. and Grow, T. (1979) : Morphology and Distribution of Dunes in Sand Seas observed by Remote Sensing. chapter j., pp.253-282, in "A Study of Global Sand Seas "Edwin, D. Mckee, editor U.S.Geol. Survey Professional paper 1052.

- Carson, M. A. and Maclean (1986) : Development of Hybrid Aeolian Dunes : The William River Dunefield, Northwest Saskatchewan, Canada, Can. J. earth sci., 23, pp. 1974-1990.

- Clark M., (1990) : Oman, s Geological Heritage published by Petroleum development Oman Stayeiy, London.

- Cook, R. et al, (1993) : Desert Geomorphology, Ucl press Ltd, London, p.526

- Embabi, N. (1995) : Types and Patterns of Sand Dunes in Egypt, Bull. Egyption Geog. Soc. Vol. 68 ،p. 57-89.

- Embabi, N. S. (1982) : Barchans of the Kharga Depression, chapter 11, Desert Landforms of Southwest Egypt, A Basis for comarison with Mars, El -Baz, F. and Maxwell, T. A. editors, NASA, pp. 141-156.

- Embabi, N. S. (1991) : Dune Types and Patterns in the United Arab Emirates using Landsat TM Data, Twenty-Fowrth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Vol. 2, RiodeJaneiro, Brazil, pp. 895-909.

- Fryberger, S. G. and Goudie, A. S. (1981) : Arid Geomorphology, Progress in Physical Geography, 5, pp. 409-428.

- Fryberger, S. G.Dune Form and Wind Regime,chapter f.,pp.137-169, "Astudy of Global Sand Seas" Edwin, D. Mckee, editor U.S.Geol Survey Professional paper 1052.

- Fryberger, S. G., Al-Sari, A. M., Clisham, T. J., Rizvi, S. A. R. and Al-Hinai, K.G. (1984):Wind Sedimentation in theJafurah Sand Sea, Saudi Arabia, Sedimentology, 31, pp. 413-431.

- Goudi, A. S. and Watson, A. (1981) : The Shape of Desert Sand Dune Grains, Journal of Environment, 4, pp. 185-190.

- Kingdom of Saudi Arabia, (1991) : Ministry of Agriculture &Water, Summary of Climatological Data, Hydrology Division.

- Krinsley, D. H. and Doornkamp, J. C. (1973) : Atlas of Quartz Sand Surface Textures, Cambridge University.

- Lancaster, N. (1981) : Grain Size characteristics of Namib Desert Linear Dunes, Sedimentology, 28, pp. 115-122.

- Lancaster, N. (1982) : Spatial Variation in Linear Dune Morphology and Sediments in the Namib Sand Sea, Palaeocology of Africa, 15, pp.173-182.

- Lancaster, N. (1989) : The Namb Sand Sea, Dune Form, processes and sediments, Rottrdam, p. 173.

- Lancaster, N. (1989) c : Star Dunes, Progress in Physical Geography, 13, 67-91.

- Lancaster, N. (1989) b : The Dynamics of Star Dunes : an example from the Gran Desierto, Mexico, Sedimentology, 36, 273-290.

- Lancaster, N. (1982) b : Linear Dunes, Progress in Physical Geography, 6, 476-504.

- Livingston, I. and Warren, A. (1996) : Aeolian Geomorphology, an introduction, Singapore, p. 211.

- Nielson, J. and Kocurek, G. (1987) : Surface Processes, Deposits and Development of Star Dunes, Dumont Dune Field, California, Geological Society of America Bulletin, Vol. 99pp. 177-186.

- Pye, K. and Tsoar, H. (1990) : Aeolian Sand and Sand Dunes, London, p. 396.

- Sultanate of Oman, (1998) : Ministry of Communication, Annual Climate Summary, Directorate General of Civil Aviation and Meteorology, Department of Meteorology.

- Thomas, D. (1992) : Aeolian Sand Deposits, in Arid Zone Geomorphology, edited by Tomas, D., pp. 233-261.

- Tsoar, H. (1989) : Linear Dunes Forms and Formation, Prog. Phys. Geogr., 13 pp. 507-528.

- Wilson, I. G. (1971) : Aeolian Bedforms their development and origins, Sedimentology, November 5p. 173-210.

- Wilson, I. G. (1973) : Ergs, Sedimentary Geology, 10pp. 77-106.

سلسلة أعداد الدورية لعامي ٢٠٠٠-٢٠٠١م

٢٣٦- المدخل الزمني لنزاعات الحدود العربية	أ.د. محمود توفيق محمود
٢٣٧-التعريف بماهية نظم المعلومات الجغرافية ومناحيها الوظيفية وتقصي آثارها في الفكر الجغرافي الإسلامي	د. محمد عبدالجواد محمد علي
٢٣٨- نحو تعريف إجرائي للمناطق الحضرية في المملكة العربية السعودية	أ.د. أحمد جارالله الجارالله
٢٣٩- الخصائص المناخية لنماذج طقس الجفاف في المملكة العربية السعودية	د. جهاد محمد قربة
٢٤٠- الكدوات في منخفض الواحات البحرية. دراسة جيومورفولوجية	د. عبدالحميد أحمد كليو
٢٤١- مستويات المعيشة في المملكة العربية السعودية دراسة في الخصائص السكانية	د. رمزي بن أحمد الزهراني
٢٤٢- النباتات المحتطبة في المملكة العربية السعودية دراسة في الجغرافيا الحيوية وحماية البيئة	د. عبداللطيف حمود النافع
٢٤٣ - التكامل التطبيقي للتقنيات الحديثة	د. محمد الخزامي عزيز
٢٤٤- الاستخدام الامثل للمدرجات Insets على الخرائط	د. ناصر بن محمد بن سلمي
٢٤٥ - الثروة السمكية في جمهورية مصر العربية.	د. وفيق محمد جمال الدين إبراهيم
٢٤٦ - رؤية جغرافية لخصائص القوى العاملة في مصنع الحديد والصلب في المملكة العربية السعودية	د. فريال بنت محمد الهاجري
٢٤٧ - بعض الأخطار الطبيعية على الطرق البرية في شمال سلطنة عمان	د. أحمد عبدالسلام علي
٢٤٨ - الإنسان والبيئة من منظور انثروبولوجي	د. سعد العبدالله الصويان
٢٤٩- الاستراتيجية كمعيار في تعيين الحدود المصرية الليبية	أ.د. محمود توفيق محمود
٢٥٠-الحفر الوعائية في جزر اسوان الصخرية	د. عبدالحميد كليو
٢٥١- الوضع الزلزالي بمنطقة القصيم	د. مشاعل بنت محمد آل سعود
٢٥٢ - الميزانية المائية لحوض وادي حنيفة	د. خالد ناصر سليمان المديهم
٢٥٣- احوال الطقس والمناخ في الشتاء بمكة المكرمة	د. معراج نواب ميرزا د. بدر الدين يوسف محمد الأحمد
٢٥٤- كهوف وبالوعات جنوب عمان	د. سمير سامي محمود
٢٥٥- سهل تهامة في منطقة جازان بالمملكة العربية السعودية (دراسة تحليلية تقييمية للنمط الزراعي)	د. علي بن محمد شيبان العريشي
٢٥٦ - الأبعاد الجغرافية لقطاع الثروة السمكية في سلطنة عمان	د. وفيق محمد جمال الدين إبراهيم
٢٥٧ - النمذجة الكارتوجرافية الآلية لتطور النمو العمراني في الكويت	د. محمد الخزامي عزيز
٢٥٨ - استخدام الأرض في منطقة الأعمال المركزية لمدينة الخبر	د. فريال بنت محمد الهاجري

سلسلة منشورات وحدة البحث والترجمة

١- بيئة الصحاري الدافئة	ترجمة : أ . د . علي علي البنا
٢- الجغرافيا العربية تعريب وتحقيق : د. عبدالله يوسف الغنيم	د . طه محمد جاد
٣- مدن مصر وقراها عند ياقوت الحموي	د . عبدالعال الشامي
٤- العالم الثالث : مشكلات وقضايا	ترجمة : أ . د . حسن طه نجم
٥- التنمية الزراعية في الكويت	أ . د . محمد رشيد الفيل
٦- القات في اليمن : دراسة جغرافية	د . عباس فاضل السعدي
٧- هيدرولوجية الأقاليم الجافة وشبه الجافة	تعريب : د . سعيد أبو سعدة
٨- منتخبات من المصطلحات العربية لأشكال سطح الأرض	أ . د . عبدالله يوسف الغنيم
٩- البلدان اليمانية عند ياقوت الحموي	تحقيق القاضي إسماعيل بن علي الأكوع
١٠- المدن الجديدة بين النظرية والتطبيق	د . أحمد حسن إبراهيم
١١- الأبعاد الصحية للتحضر ترجمة :	أ . د . محمد عبدالرحمن الشرنوبي
١٢- التطبيقات الجغرافية للاستشعار من بعد : دليل مراجع	د . صبحي المطوع
١٣- قواعد علم البحر	د . حسن صالح شهاب
١٤- الانسباق الرملي وخصائصه الحجمية بصحراء الدهناء على خط الرياض ـ الدمام	مشاعل بنت محمد بن سعود آل سعود
١٥- التخطيط الحضري لمدينة الأحمدي وإقليمها الصناعي	د . وليد المنيس ـ د . عبدالله الكندري
١٦- كيف ننقذ العالم ترجمة : أ . د . علي علي البنا	أ . د . زين الدين عبدالمقصود
١٧- أودية حافة جال الزور بالكويت تحليل جيومورفولوجي	د . عبدالحميد كليو
١٨- الألواح الجيولوجية ونظمها التكتونية	ترجمة : أ . د . حسن أبو العينين
١٩- جيومورفولوجية منطقة الخيران جنوب الكويت	د . السيد السيد الحسيني
٢٠- الشوائب في تحقيق الفوائد في أصول علم البحر والقواعد	تأليف : شهاب الدين أحمد بن ماجد
٢١- التحضر في دول الخليج العربية	د . خالد محمد النعقري
٢٢- جغرافية العالم الثالث	تعريب : د . حسن طه نجم د . مكي محمد عزيز
٢٣- الصور الجوية ـ دراسة تطبيقية	د . خالد العنقري
٢٤- جيومورفولوجية منخفض أم الرمم بالكويت	د . عبدالحميد كليو
٢٥- جيومورفولوجية منطقة كاظمة	د . محمد إسماعيل الشيخ
٢٦- السرحات السلطانية	د . عبدالعال عبدالمنعم محمد الشامي
٢٧- اليابانيون الأمريكيون	د . عبدالله بن ناصر الوليعي
٢٨- بحار الرمال في المملكة العربية السعودية	د . عبدالله بن ناصر الوليعي
٢٩- كفاءة الري وجدولة المياه في منطقة الخرج بالمملكة العربية السعودية	د . نورة بنت عبدالعزيز آل الشيخ
٣٠- البحث الجغرافي في دولة الكويت	أ . د . عمر الفاوق السيد رجب
٣١- الطرق والمسالك الشرقية لمصر في العصر الوسيط	أ . د . عبدالعال عبدالمنعم الشامي
٣٢- تطور التعدادات السكانية بدولة الكويت	أ . د . أمل يوسف العذبي الصباح
٣٣- تغيرات مستوى سطح البحر خلال البلايستوسين وآثارها الجيمورفولوجية على طول الساحل الشرقي للبحر الأحمر	د . محمد سعيد البارودي

سلسلة اصدارات وحدة البحث والترجمة

١ ـ تقلبات المناخ العالمي	عرض وتعليق: أ.د. محمد صفي الدين أبو العز
٢ ـ محافظة الجهراء	أ.د. زين الدين غنيمي
٣ ـ تعدادات السكان في الكويت	د. أمل العذبي الصباح
٤ ـ أقاليم الجزيرة العربية الكتابات العربية القديمة والدراسات المعاصرة	أ.د. عبدالله يوسف الغنيم
٥ ـ أشكال سطح الأرض المتأثرة بالرياح في شبه الجزيرة العربية	أ.د. عبدالله يوسف الغنيم
٦ ـ حول تجربة العمل الميداني لطلاب الجغرافيا بجامعة الكويت	أ.د. صلاح الدين بحيري
٧ ـ الاستشعار من بعد وتطبيقاته الجغرافية في مجال الاستخدام الارضي	أ.د. علي علي البنا
٨ ـ البدو والثروة والتغير: دراسة في التنمية الريفية للامارات العربية المتحدة وسلطنة عمان	ترجمة د. عبد الاله أبو عياش
٩ ـ الدليل البحري عند العرب	حسن صالح شهاب
١٠ ـ بعض مظاهر الجغرافيا التعليمية لمقاطعة مكة المكرمة	د. ناصر عبدالله الصالح
١١ ـ طرق الملاحة التقليدية في الخليج العربي	حسن صالح شهاب
١٢ ـ نباك الساحل الشمالي في دولة الكويت دراسة جيومورفولوجية	د. عبدالحميد أحمد كليو د. محمد اسماعيل الشيخ
١٣ ـ جغرافية العمران عند ابن خلدون	د. عبد العال الشامي
١٤ ـ السمات العامة لمراكز الاستيطان الريفية في منطقة الباحة	د. محمد محمود السرياني
١٥ ـ جزر فرسان دراسة جيومورفولوجية	د. محمد سعيد البارودي
١٦ - جوانب من الشخصية الجغرافية للمدينة المنورة	د. محمد أحمد الرويثي

رسائل جغرافية

دورية علمية محكمة تعنى بالبحوث الجغرافية
يصدرها قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية

الجمعية الجغرافية الكويتية

جمعية علمية تهدف إلى النهوض بالدراسات والبحوث الجغرافية
وتوثيق الروابط بين المشتغلين في المجالات الجغرافية في داخل الكويت وخارجها